DLR

Klimawandel und Treibhauseffekt

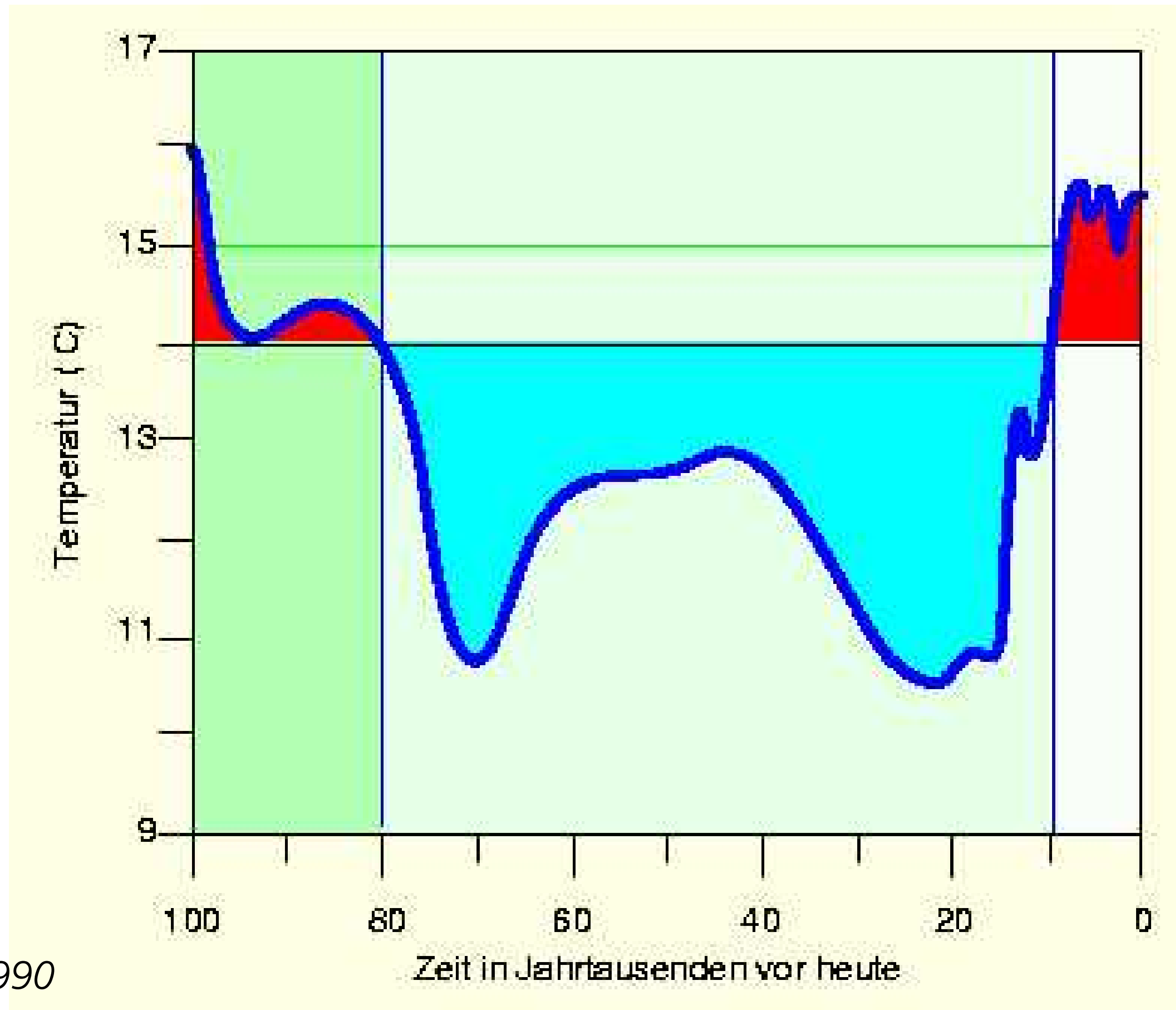
Ulrich Schumann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen

- Hinweise auf Klimawandel, von der Eiszeit bis heute
- Mögliche Ursachen: Veränderung der Solarstrahlung und Treibhausgase
- Mögliche Entwicklung in der Zukunft
- Schlussfolgerungen

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

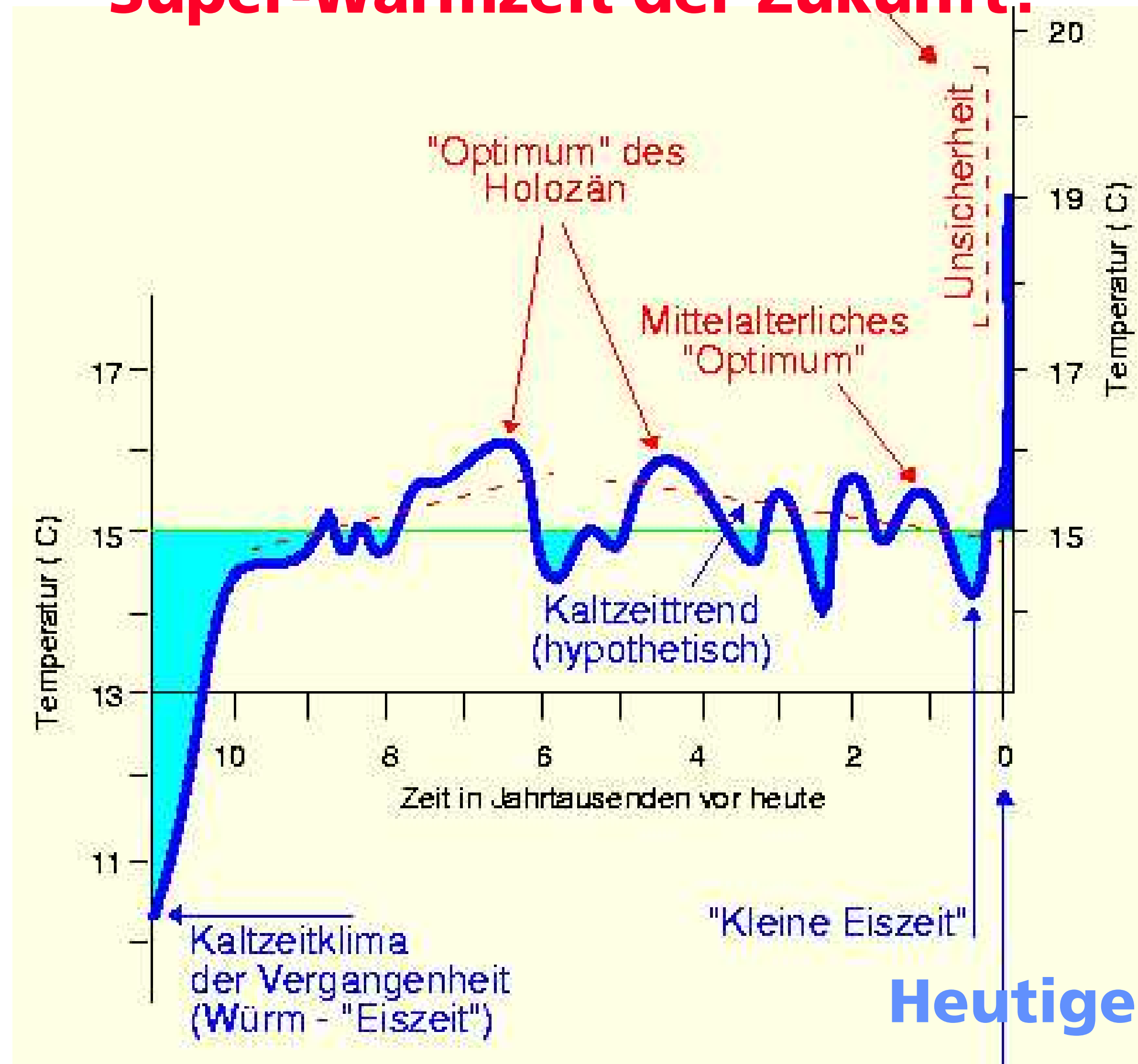
Das Klima der letzen 100 000 Jahre



Enquete Comm., 1990

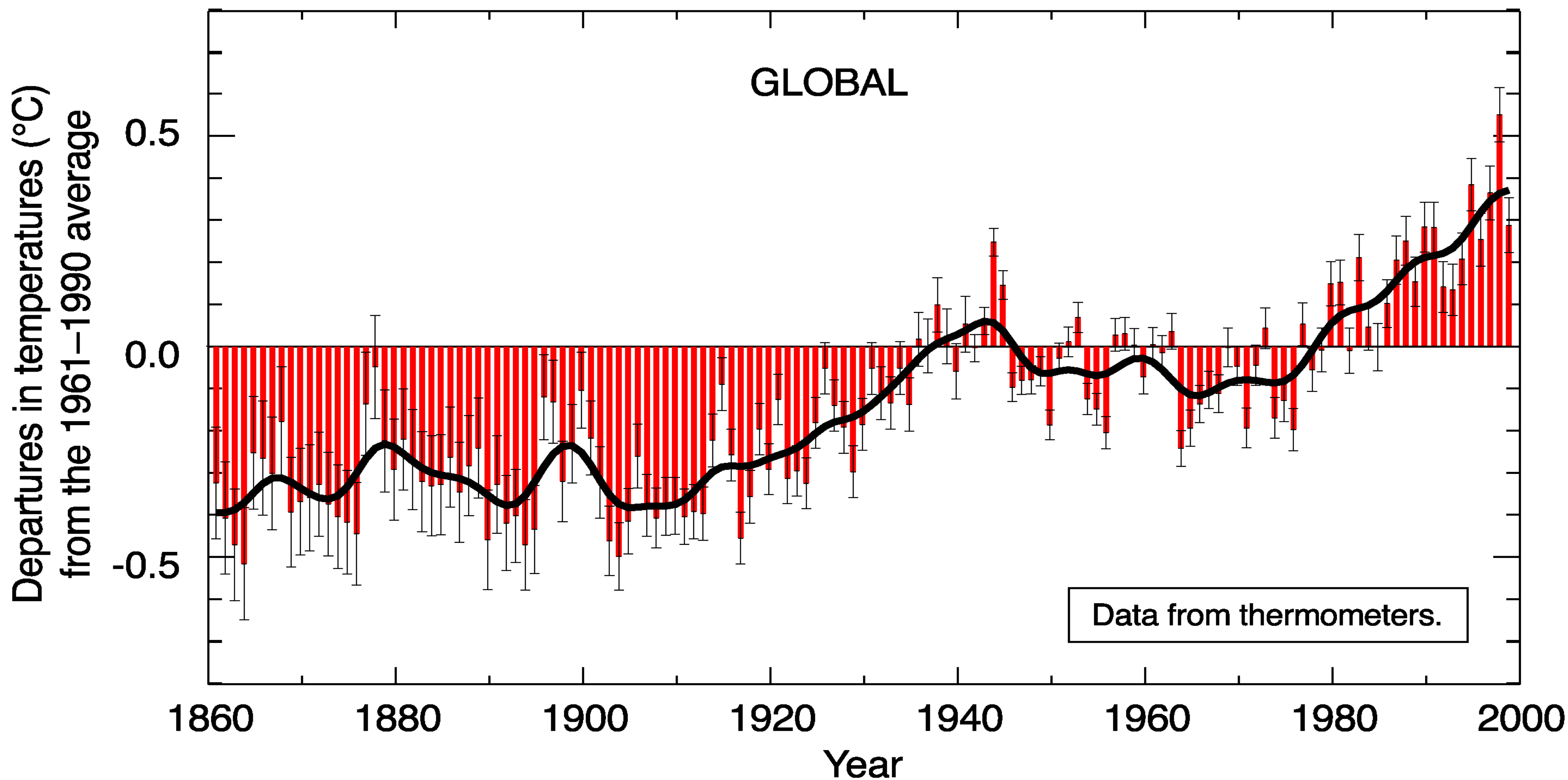
Eem-Warmzeit, Würm-Kaltzeit, Holozän

Das Klima der letzen 12 000 Jahre und Zukunft



Enquete Comm., 1990

Hinweise auf Klimawandel:
Temperaturzunahme auf der Erde seit 1860

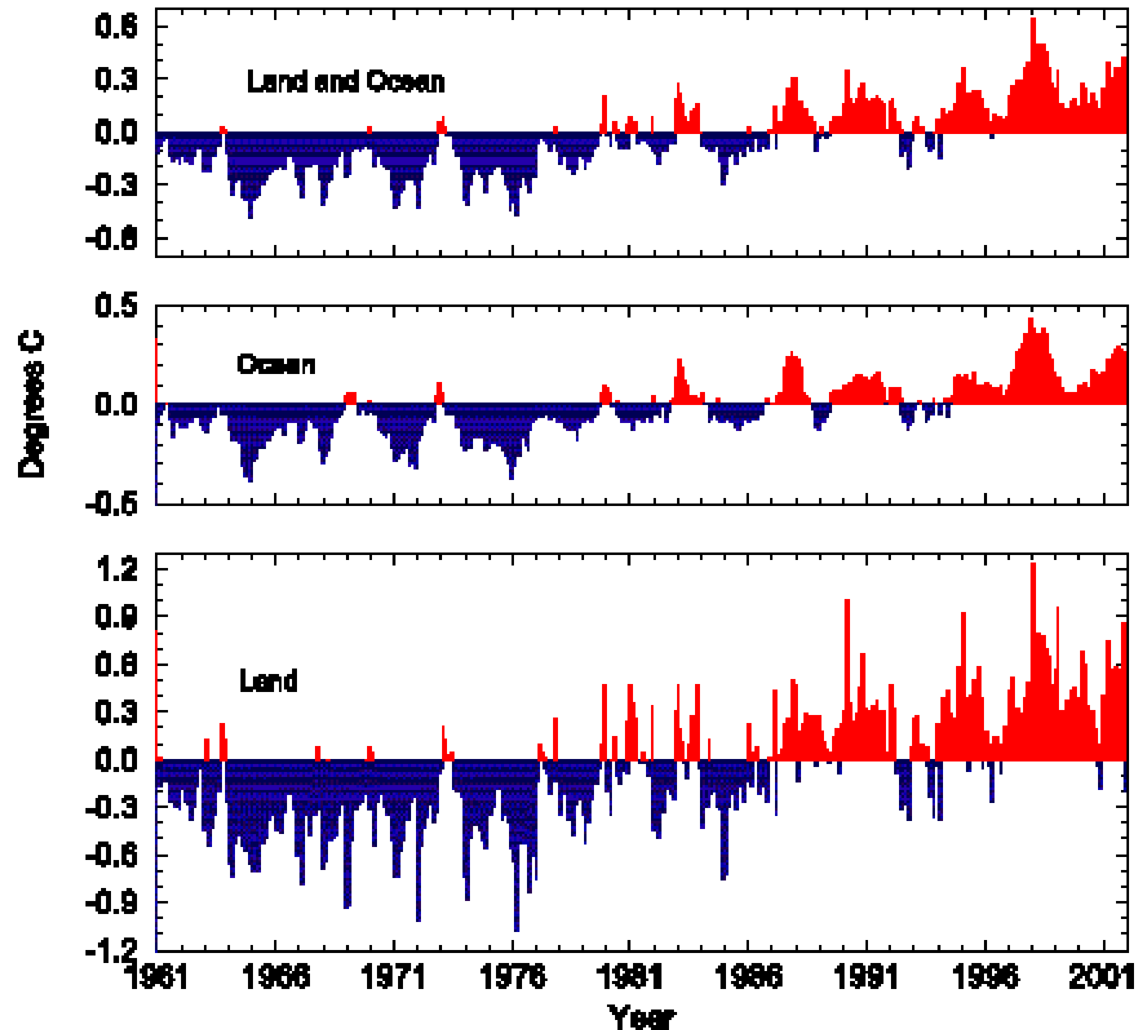


IPCC TAR, TS 2

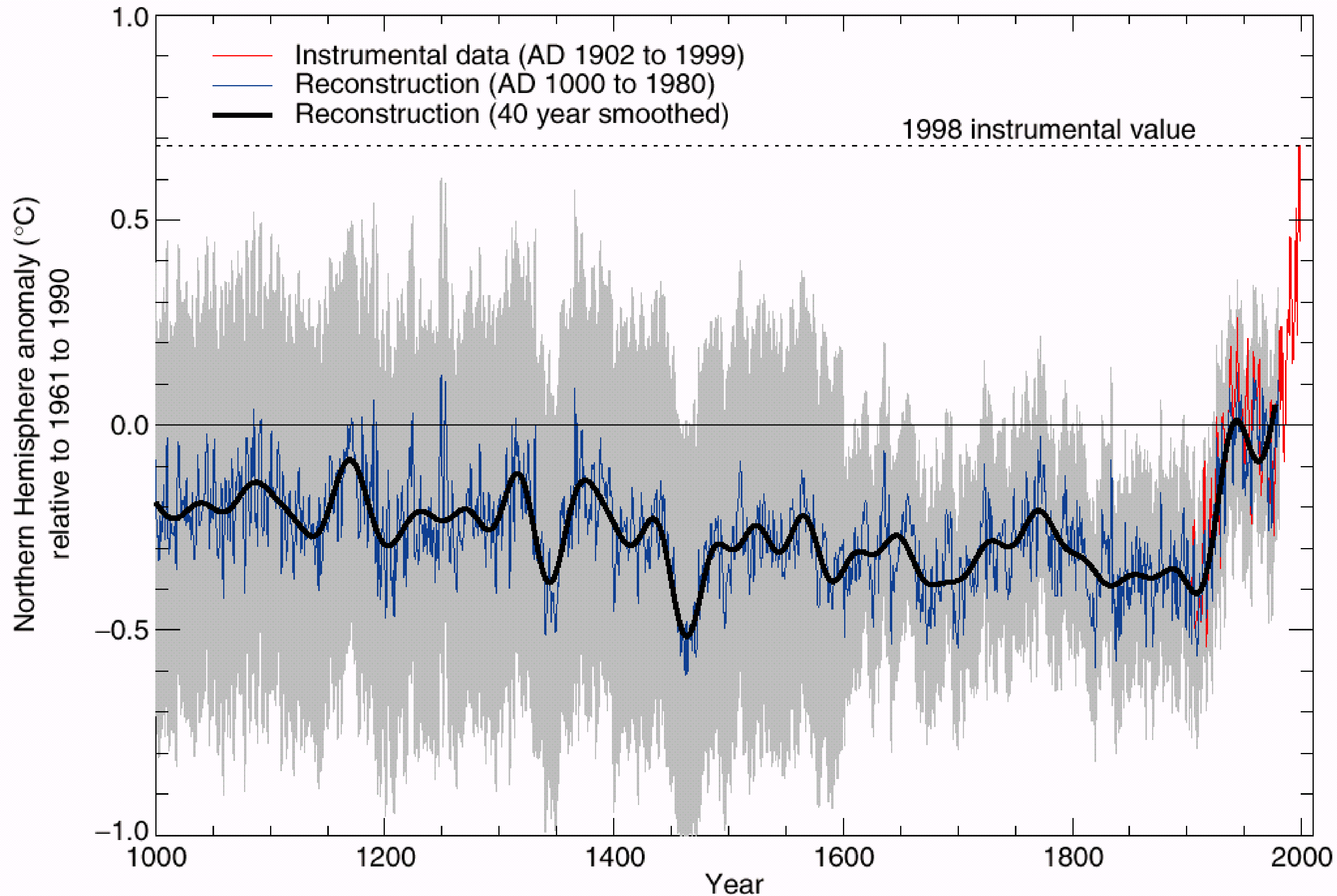
Temperaturtrends auf Land und Meer ähnlich

Monats-Mittelwert der Oberflächen-Temperaturabweichung (°C) vom 1971-2000 Mittelwert, 1961–2001.
(a) Global,
(b) Meeresoberfläche allein,
(c) Land-Oberfläche allein.

(A. M. WAPLE et al., Bull. AMS, 2002)



Temperaturänderung auf der Nordhemisphäre in den letzten 1000 Jahren



IPCC TAR, TS 5

Gletscher-Schwund in den Alpen





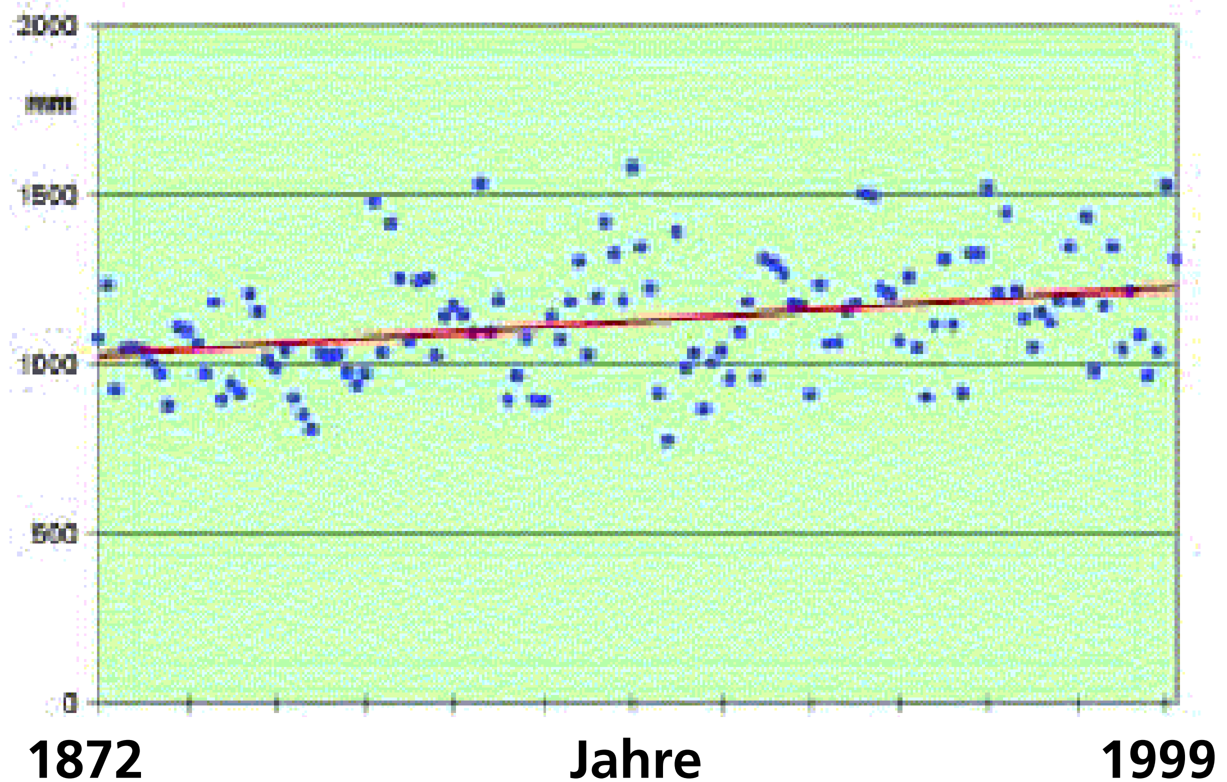
1900 und 2000.

Aufnahme der Pasterzenzunge mit Großglockner (3798 m)

Gesellschaft für ökologische Forschung, Wolfgang Zängl, http://www.gletscherarchiv.de

Zunehmende Niederschläge, z. B. am Hohenpeißenberg in Bayern

Jährliche Summe der Niederschlagshöhen [mm].

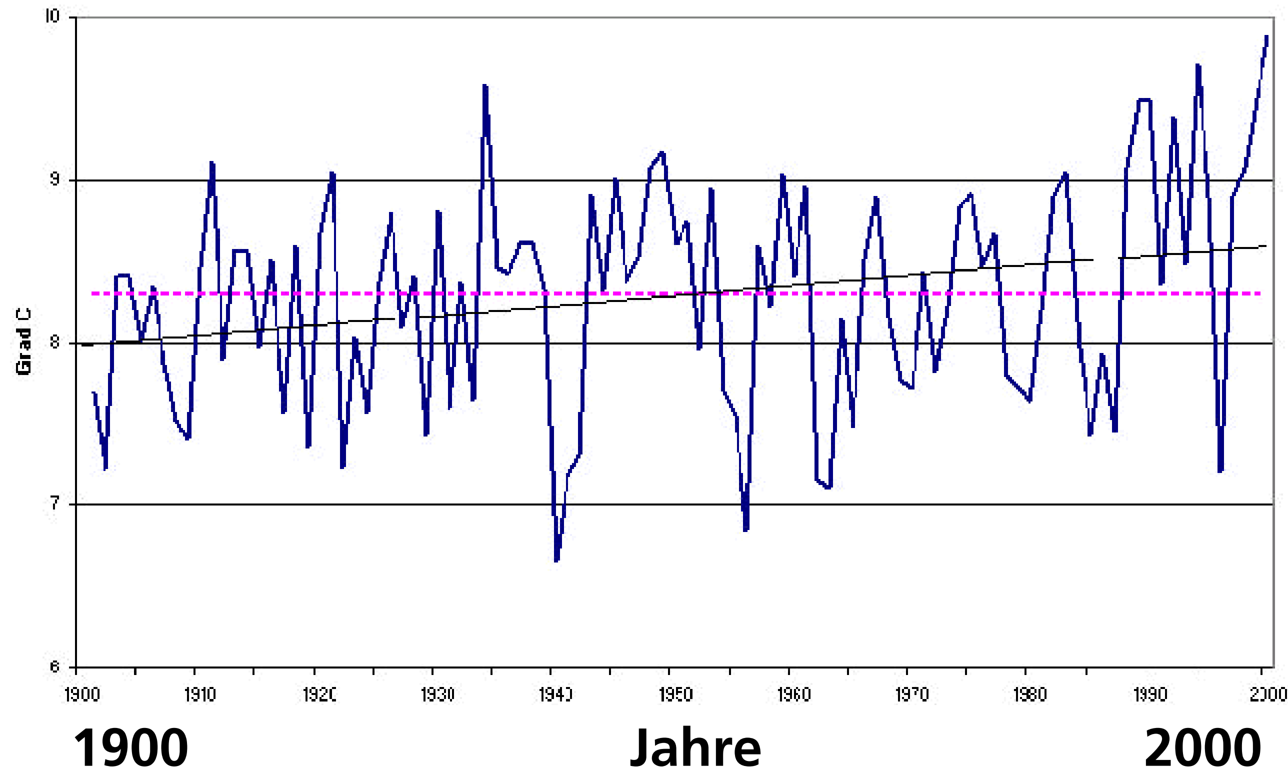


Deutscher Wetterdienst, http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/regen/gaw_brief_0051.pdf

Jahresmittel-Temperatur in Deutschland 1901 -2000

•Die 90'er: das wärmste Jahrzehnt des Jahrhunderts.
•9 dieser Jahre über dem Durchschnitt (8,3°C).
•5 der 10 wärmsten Jahre in diesen Zeitraum.
•2000: das wärmste Jahr des Jahrhunderts.

(aus G. Müller-Westermeier, Klimastatusbericht 2001, Deutscher Wetterdienst, http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/KSB/ksb01/index.htm)



Hochwasser an der Elbe im August 2002

Semperoper in Dresden im August 2002



(aus http://mitglied.lycos.de/patrickhessen/id22.htm)

Eine Vb Wetterlage

MODUS/TERRA:
3.08.02, 10 UTC
zum Zeitpunkt des maximalen Niederschlags in Sachsen

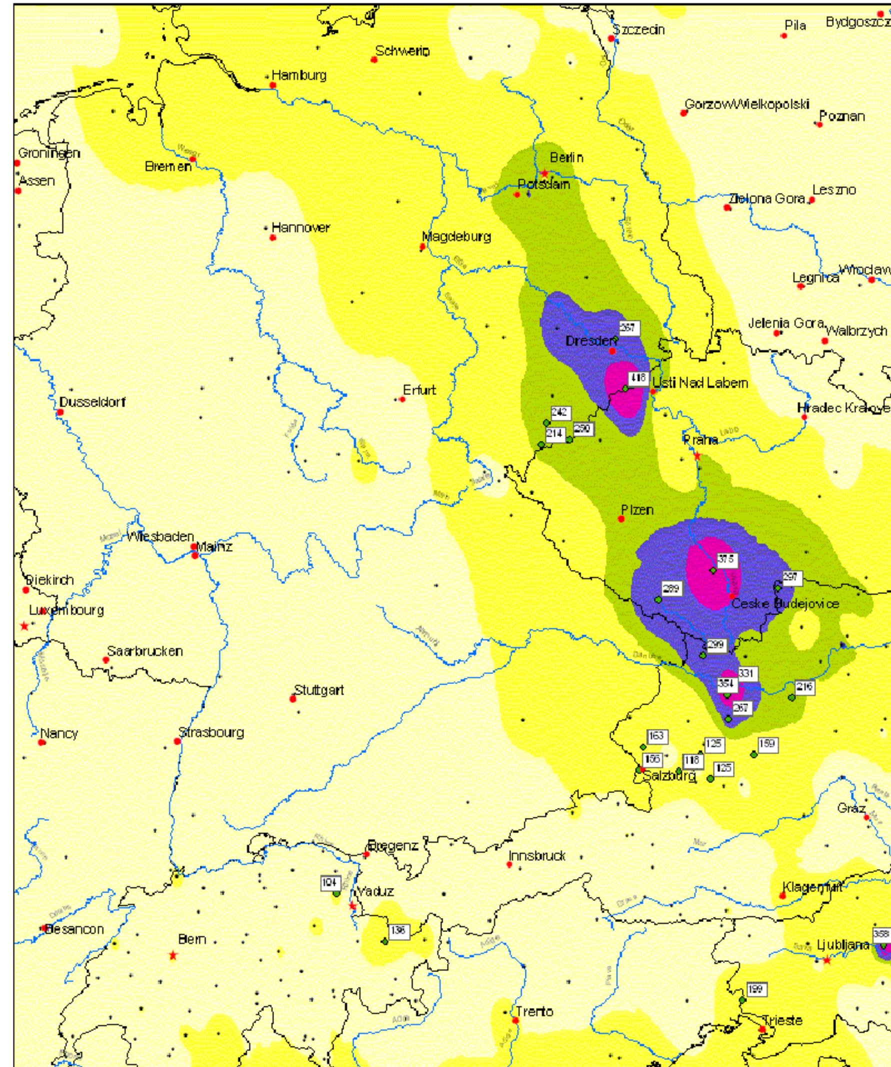
Extreme Niederschläge, 1. - 13. 8. 2002

Niederschlag vom 01. bis 13.08.02 in Prozent des mittleren monatlichen Niederschlag im August 1961-1990

roter Bereich: mehr als 300% des mittleren Monatsmittels der letzten 30 Jahre

Höchste 24-Stunden Niederschlagshöhe: 312 mm am 12.8.2002 07 Uhr MEZ bis 13.8.2002 07 Uhr MEZ in Zinnwald im Osterzgebirge

Deutscher Wetterdienst, http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/regen/



< 100 | >= 100 | >= 200 | >= 250 | >= 300

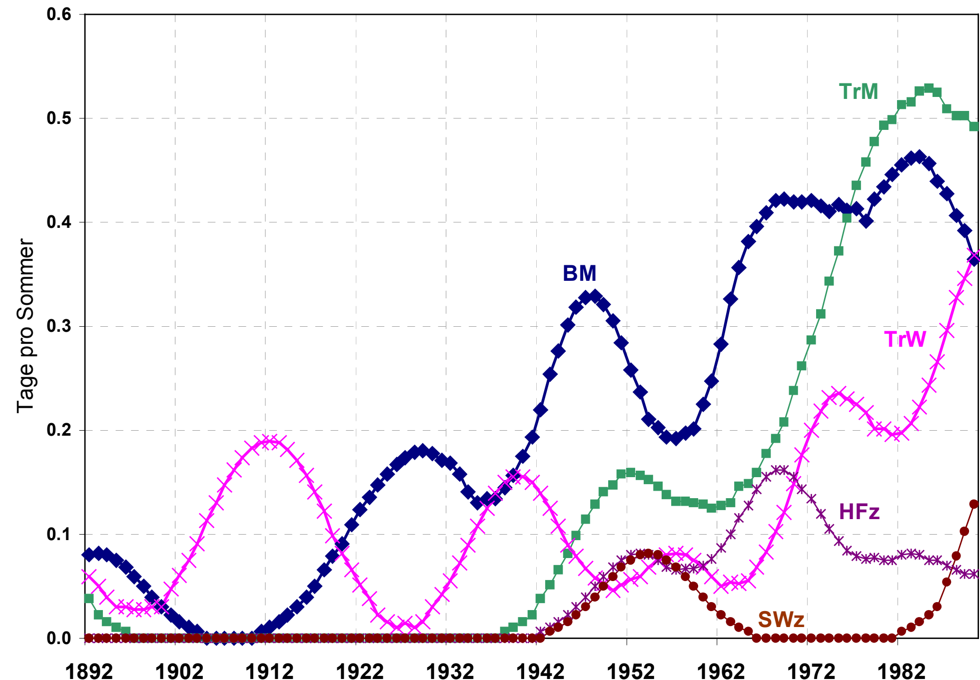
Wetterlagen mit Starkniederschlägen im Sommer nehmen zu

Zunahme von „Schlechtwetterlagen“ über West- und Mitteleuropa (Troglagen TrW, TrM).

Troglage Mitteleuropa (TrM) beinhaltet die Vb - Zugbahn (W. J. van Bebber, 1841-1909)

(aus Katalog der Großwetterlagen Europas (1881-1998), Http://www.dwd.de/de/FundE/Observator/MOHP/hp2/gaw/gaw_briefe/gaw_brief_012.pdf)

BM: Hochdruckbrücken über Mitteleuropa



Zahl der Tage mit bestimmten Wetterlagen im Sommer Europas (1881-1998) im 30 Jahresmittel.

Mögliche Ursachen:

Veränderung
der Solarstrahlung

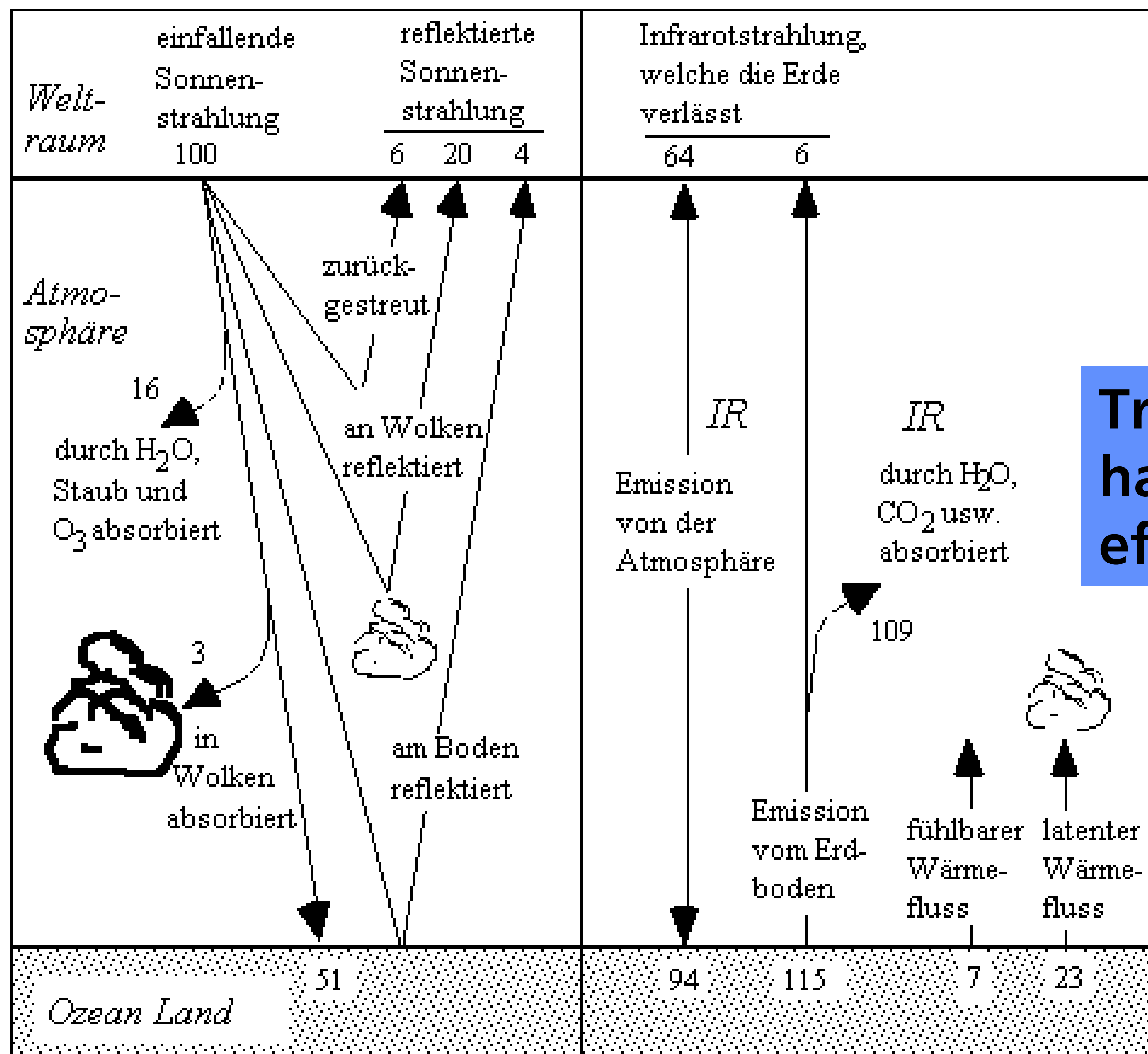
und der Wärmeabstrahlung von der Erde infolge
veränderter Treibhausgase

Energiebilanz der Erde

Von Sonne:

342 ± 1 W m^{-2}

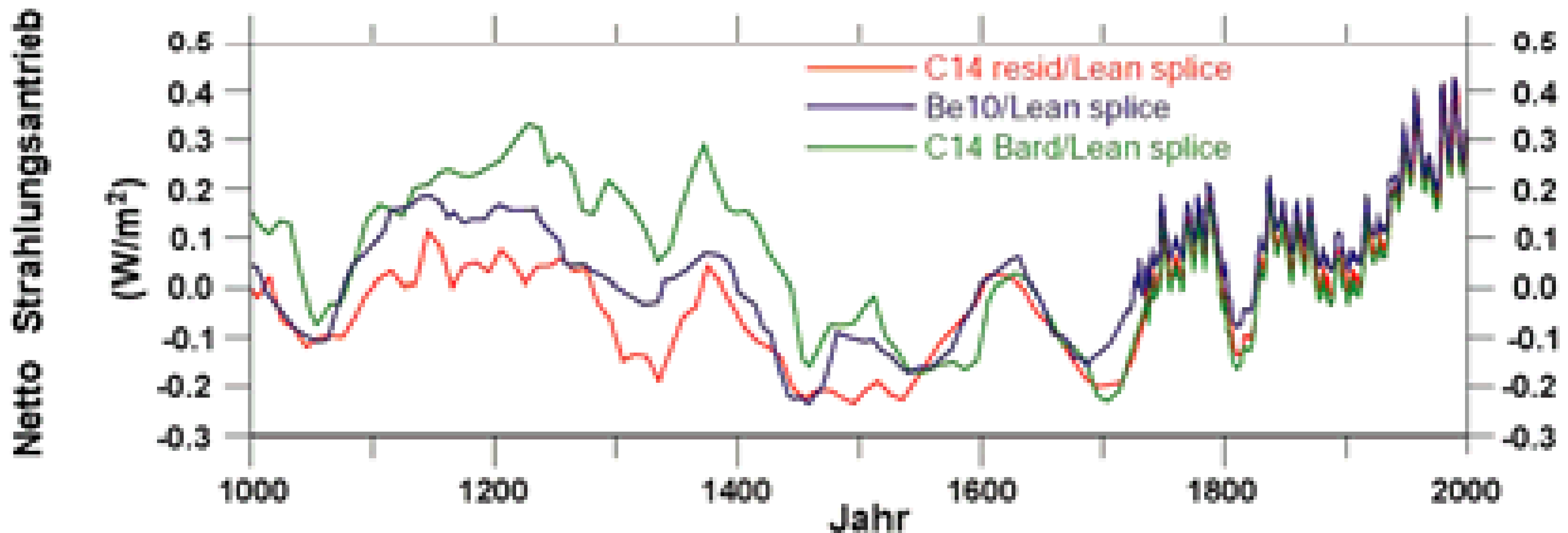
= 100%



**Treib-
haus-
effekt**

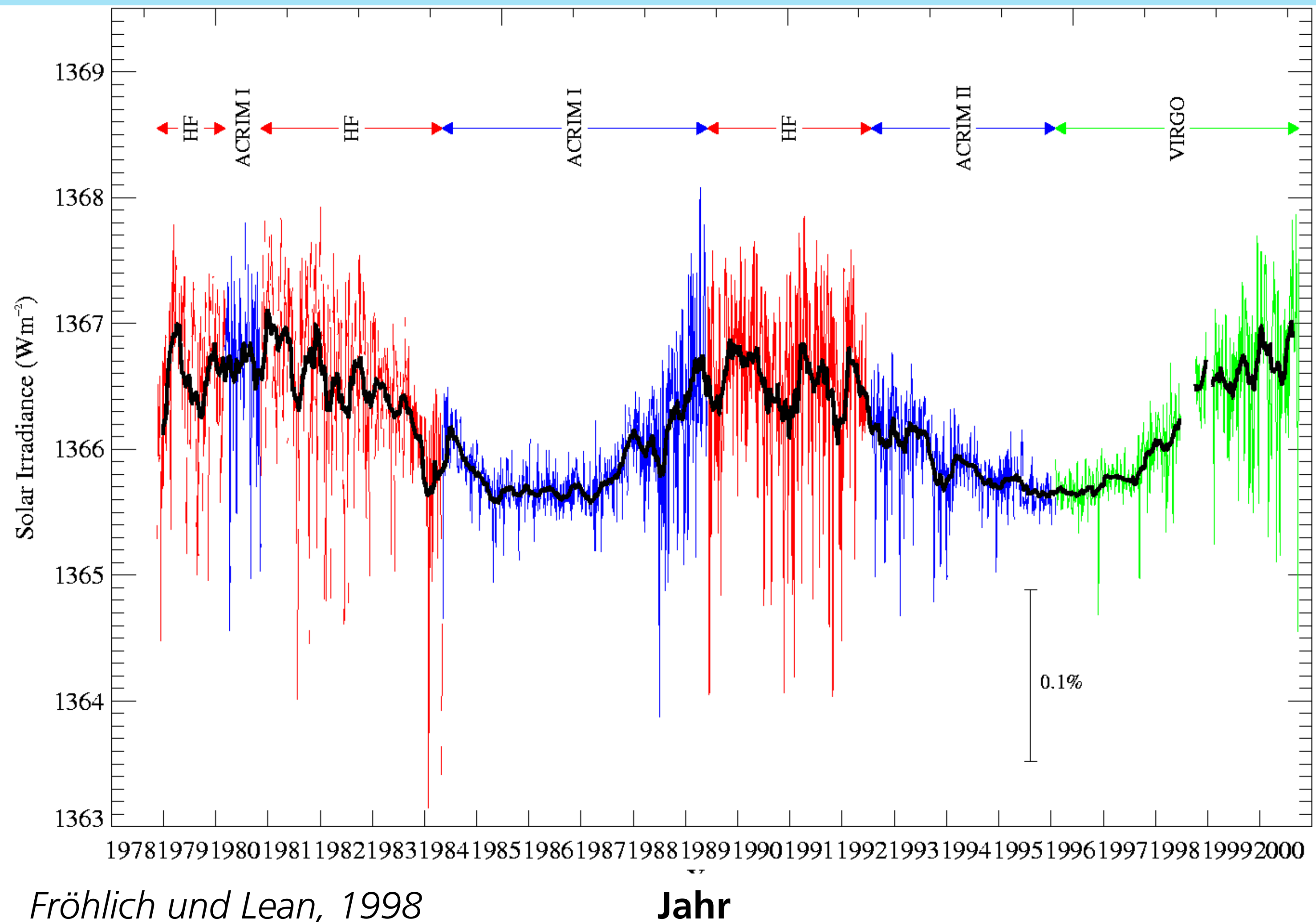
http://www.educeth.ch/physik/leitprog/treibhaus/kapitel2.html#heading400

Veränderung der Solarkonstanten seit dem Jahr 1000



Cubasch, 2002

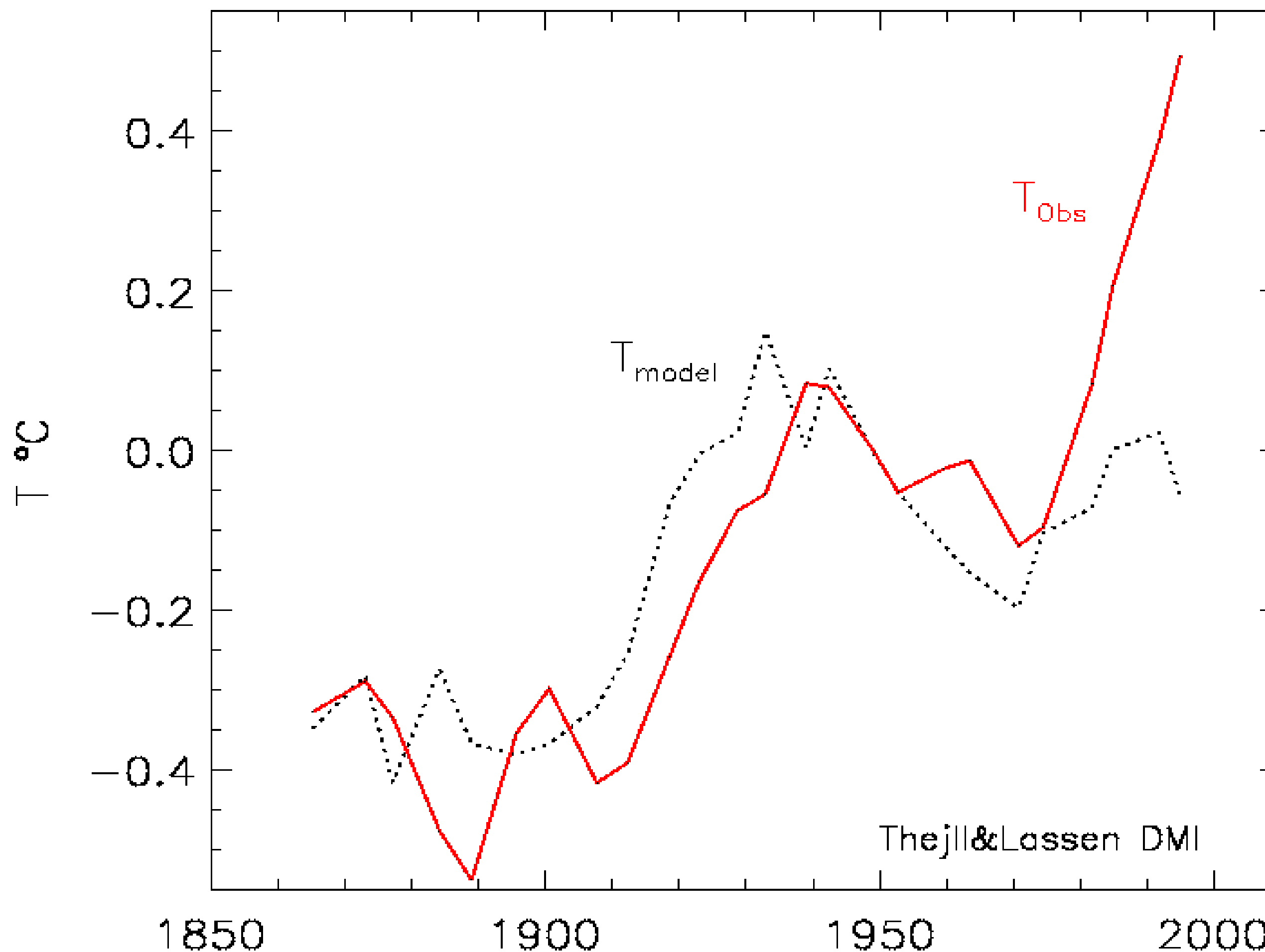
Veränderung der Solarkonstanten seit dem Jahr 1980



Fröhlich und Lean, 1998

Jahr

Erklärt Änderung in der Länge des Solar-Zyklus die seit 1970 beobachtete Temperaturzunahme?



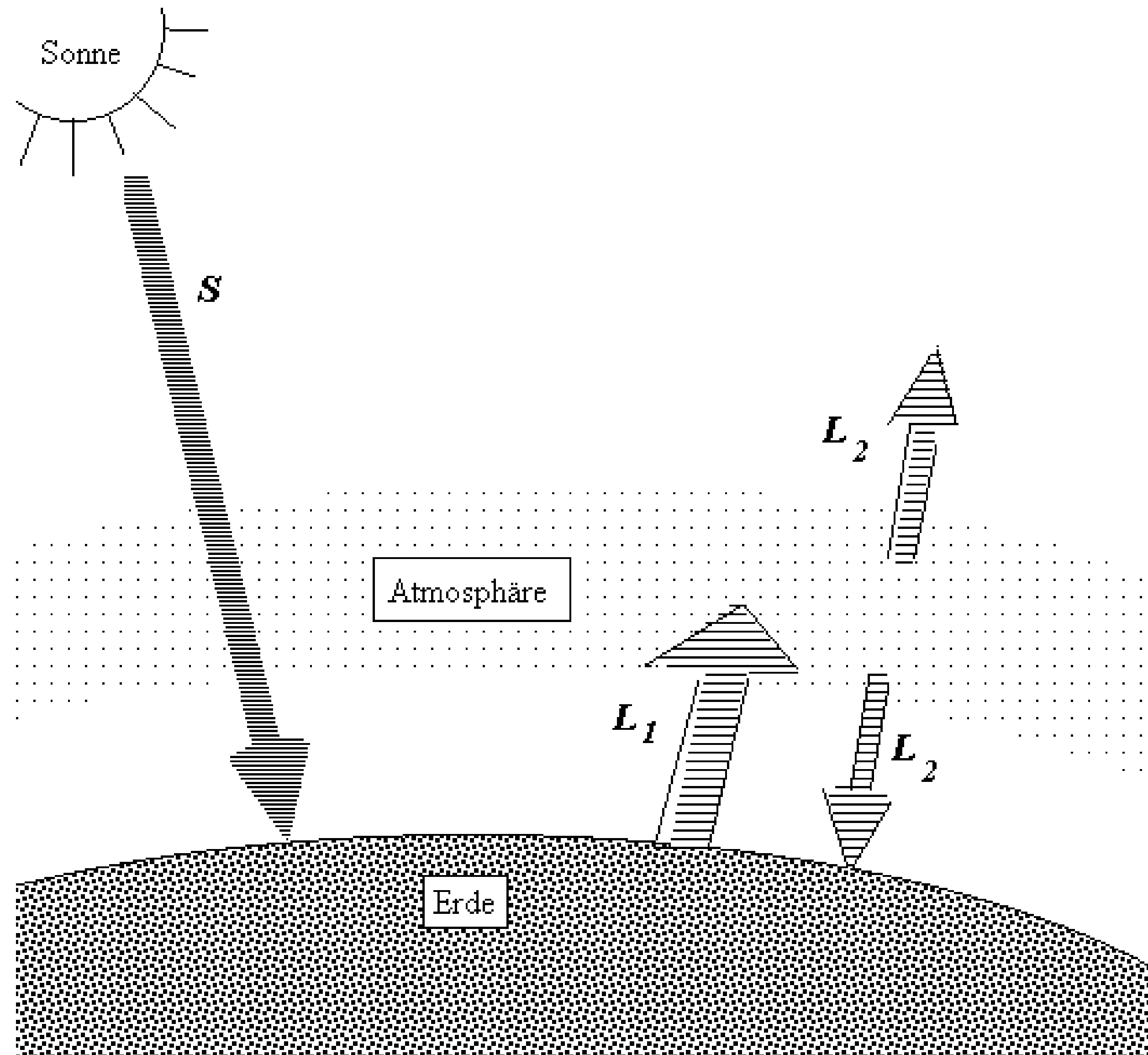
Thejll and Lassen (2000):

Nein!

(mit 98% Wahrscheinlichkeit)

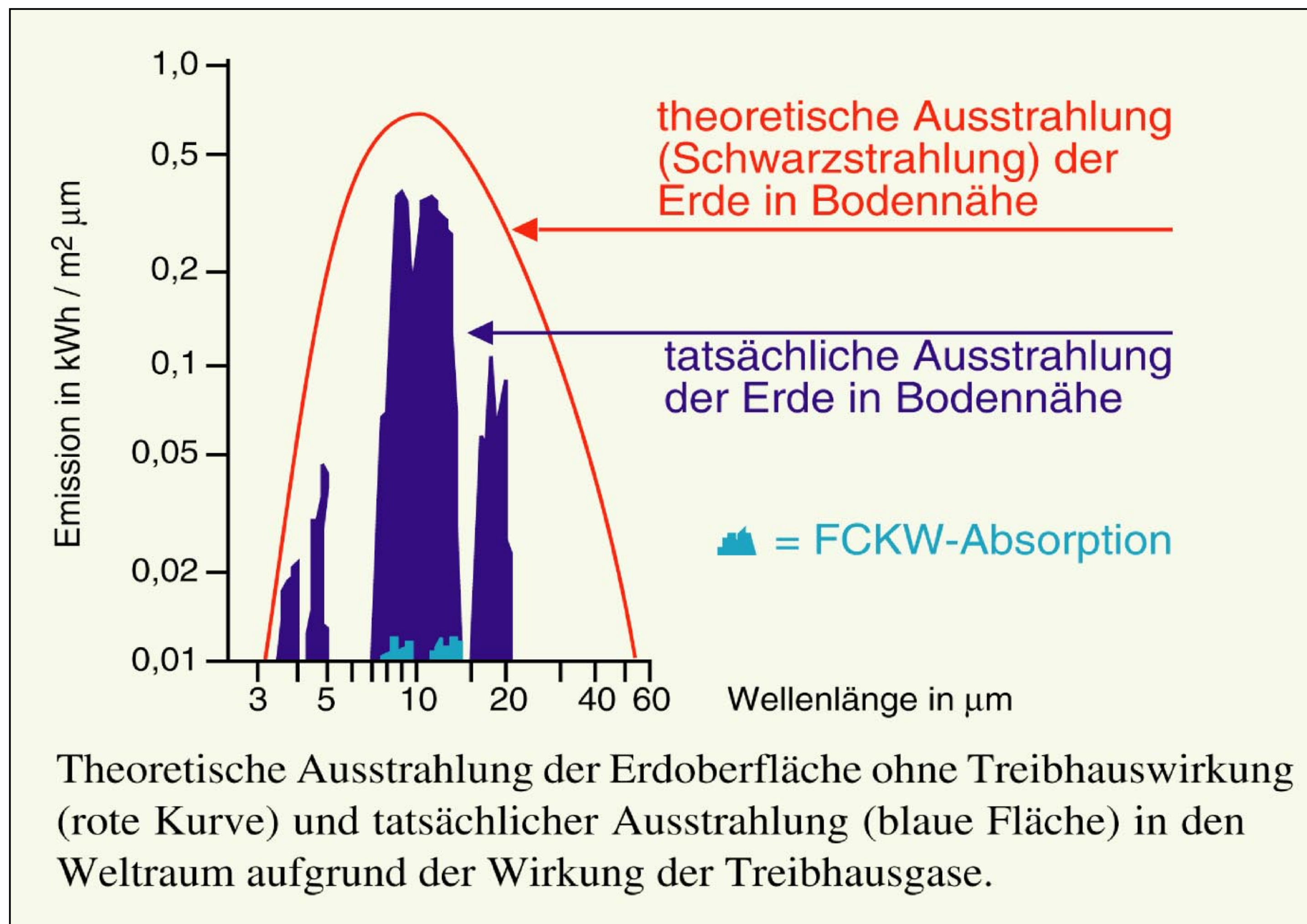
Widerspruch zu *Friis-Christenssen and Lassen (1991),* die Daten bis 1989 nutzten

Treibhauseffekt



http://www.educeth.ch/physik/leitprog/treibhaus/kapitel2.html#heading400

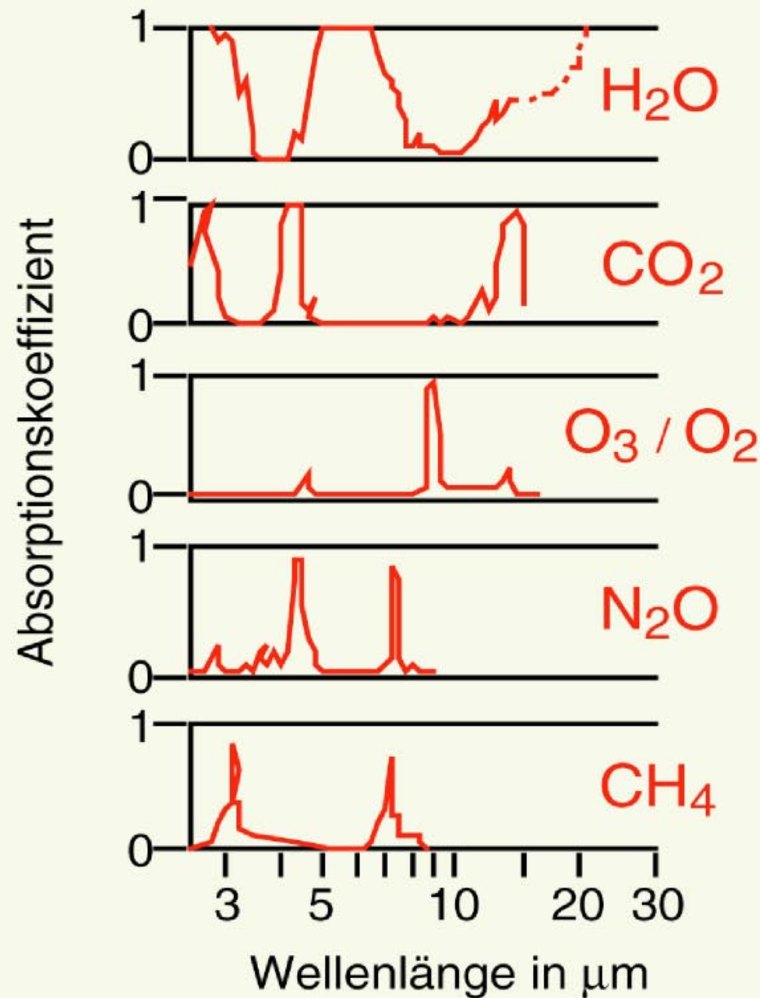
Wärmestrahlung von der Erde in den Weltraum



Theoretische Ausstrahlung der Erdoberfläche ohne Treibhauswirkung (rote Kurve) und tatsächlicher Ausstrahlung (blaue Fläche) in den Weltraum aufgrund der Wirkung der Treibhausgase.

Enquete Comm., 1990, U. Cubasch

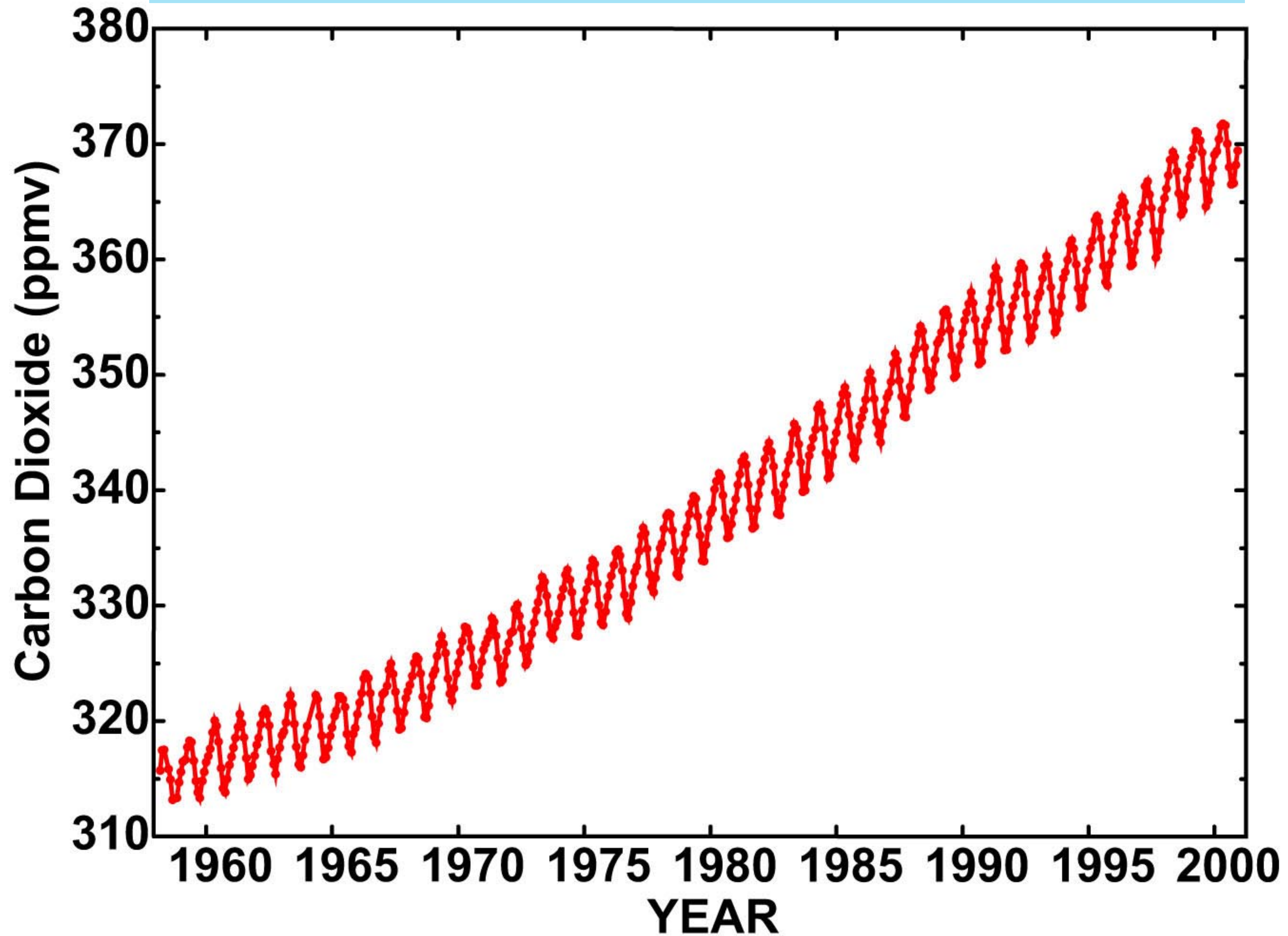
Absorption der Strahlung durch Treibhausgase



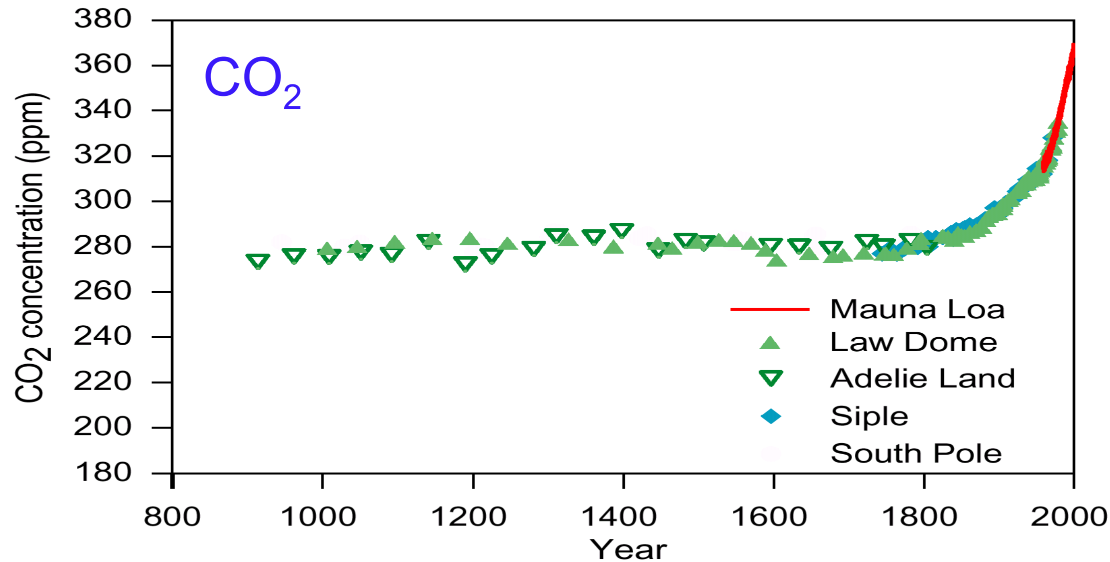
Wellenlängenbereiche, in denen die einzelnen angegebenen Treibhausgase die Wärmestrahlung absorbieren und dementsprechend zur Erdoberfäche emittieren (zurückwerfen).
Der Absorptionskoeffizient gibt die Intensität dieser Absorption an.

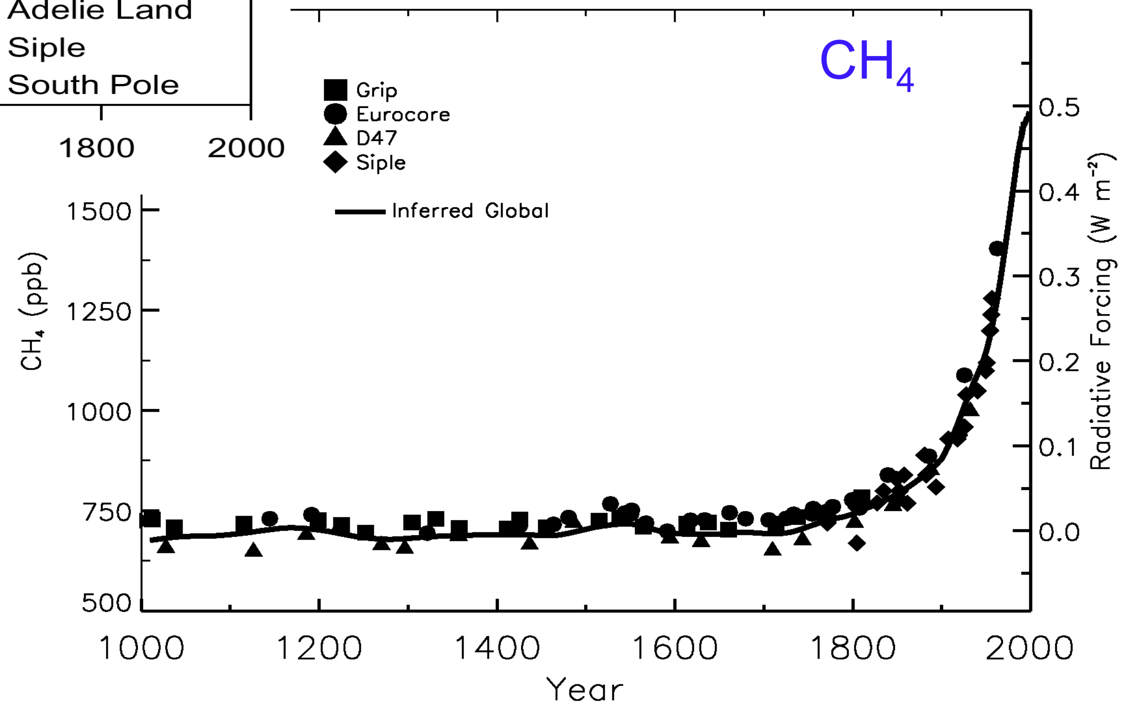
Quelle: Enquete-Kommission

Kohlendioxid (CO_2) Konzentration seit 1957 auf Mauna Loa



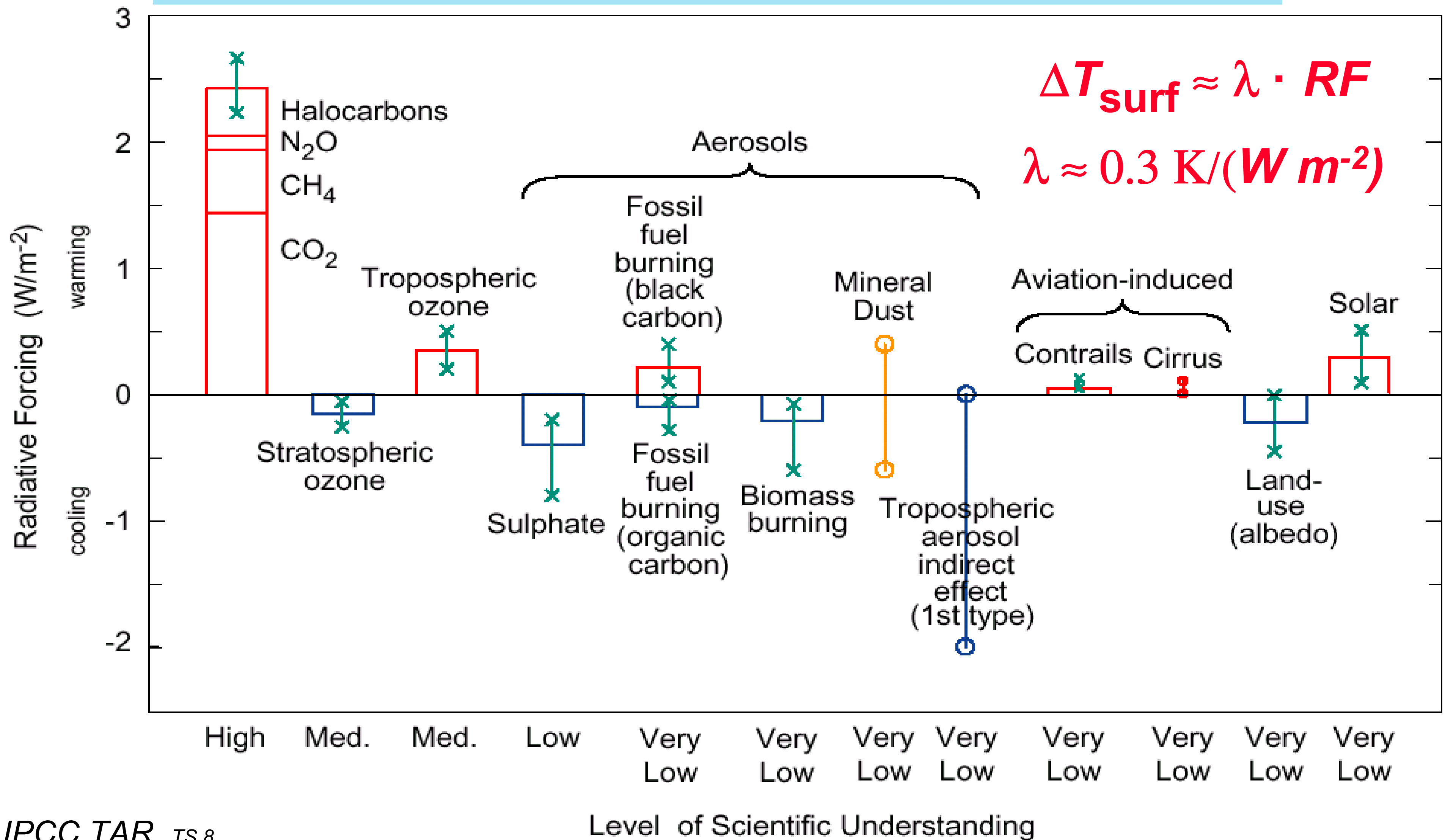
Die Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) haben zugenommen





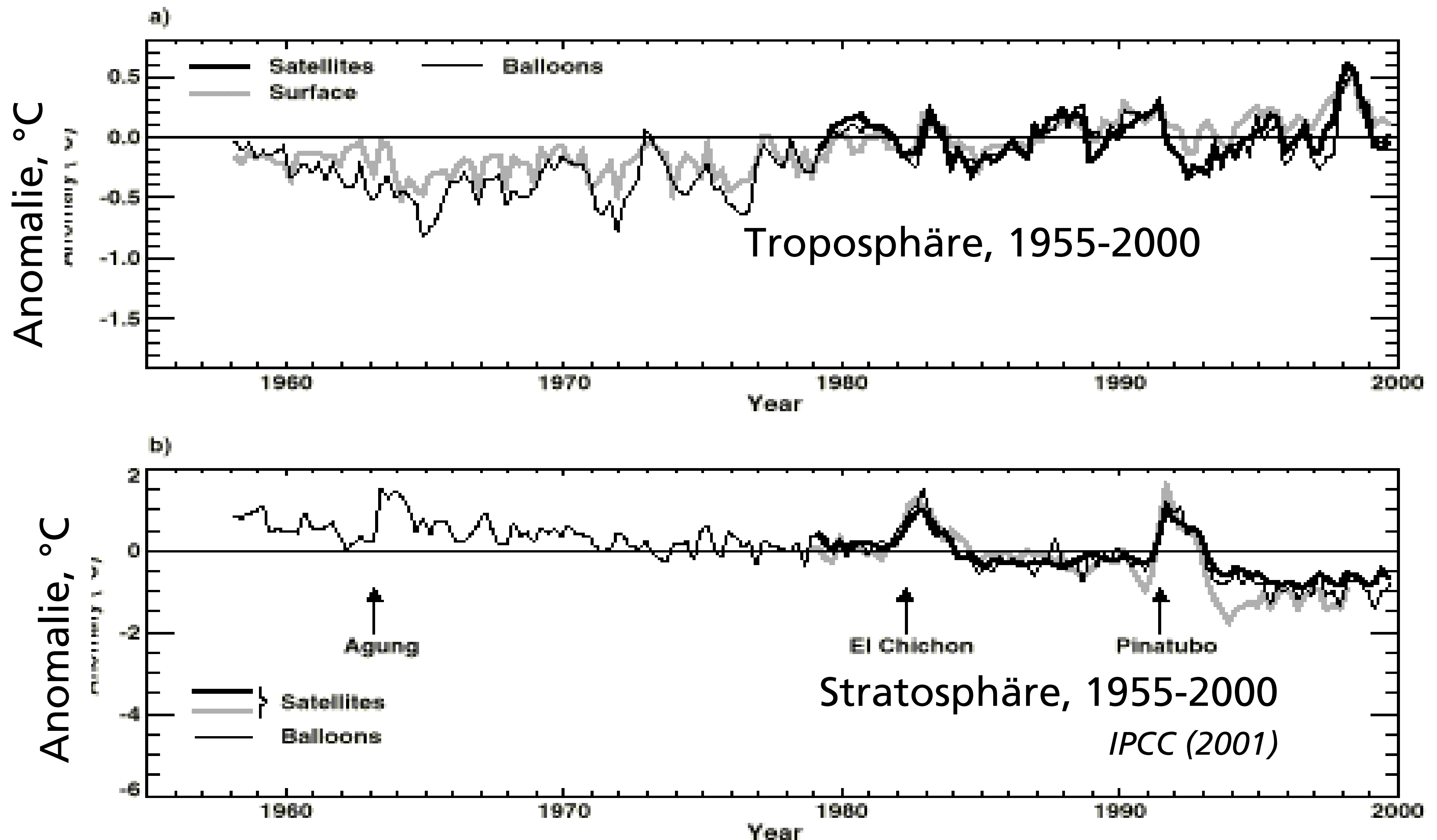
IPCC TAR, Figs. 3.2, 4.1

Änderungen des Strahlungsantriebs (Radiative Forcing, RF), 1850 bis 2000

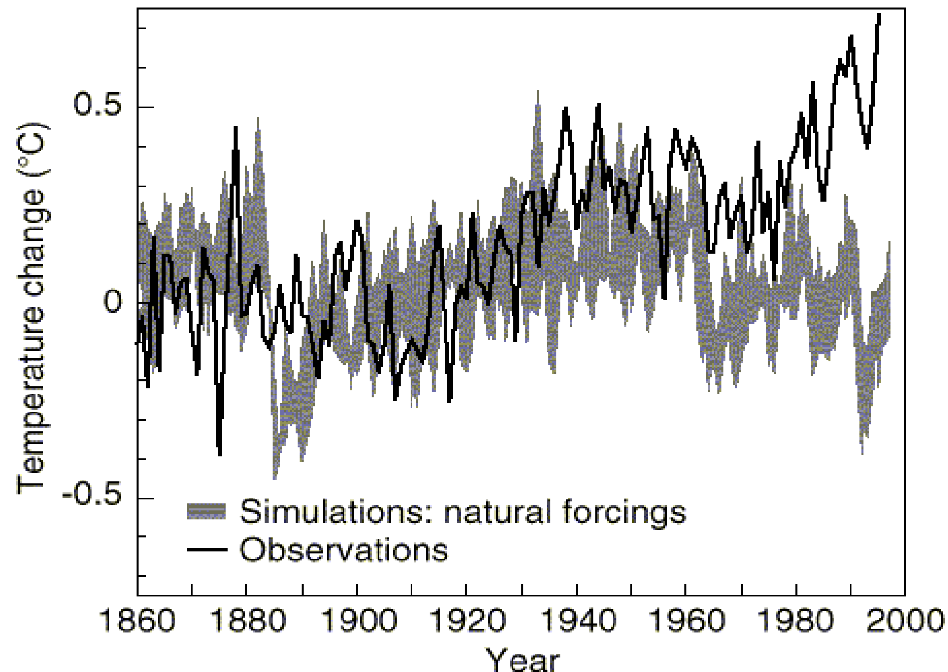


IPCC TAR, TS 8

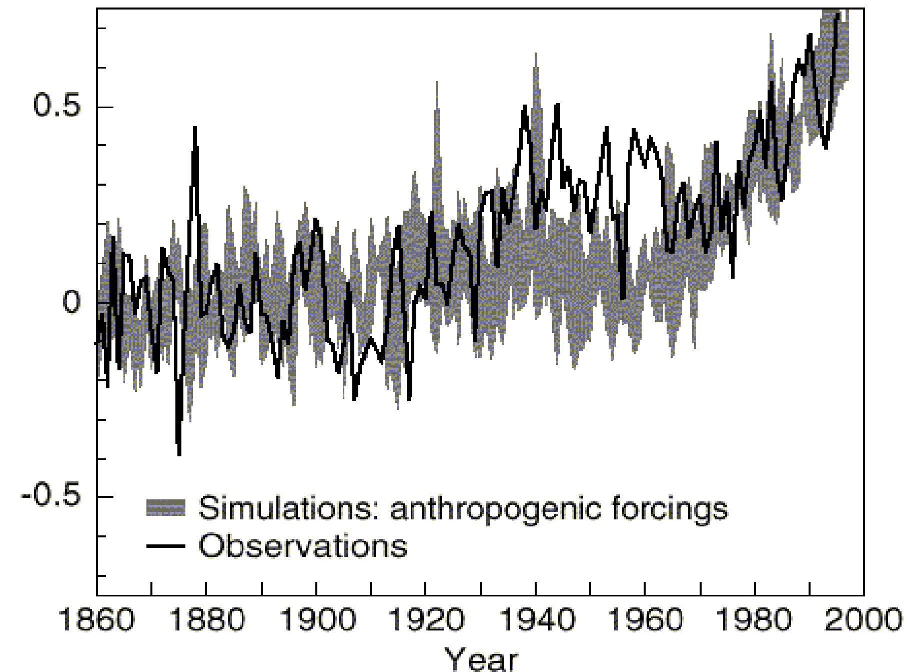
Temperaturänderung seit 1955: leichte Zunahme in der Troposphäre, deutliche Abnahme in der Stratosphäre, wie durch Treibhauseffekt zu erwarten



Simulation der Veränderung der global gemittelten Temperatur (°C) an der Erdoberfläche seit 1860



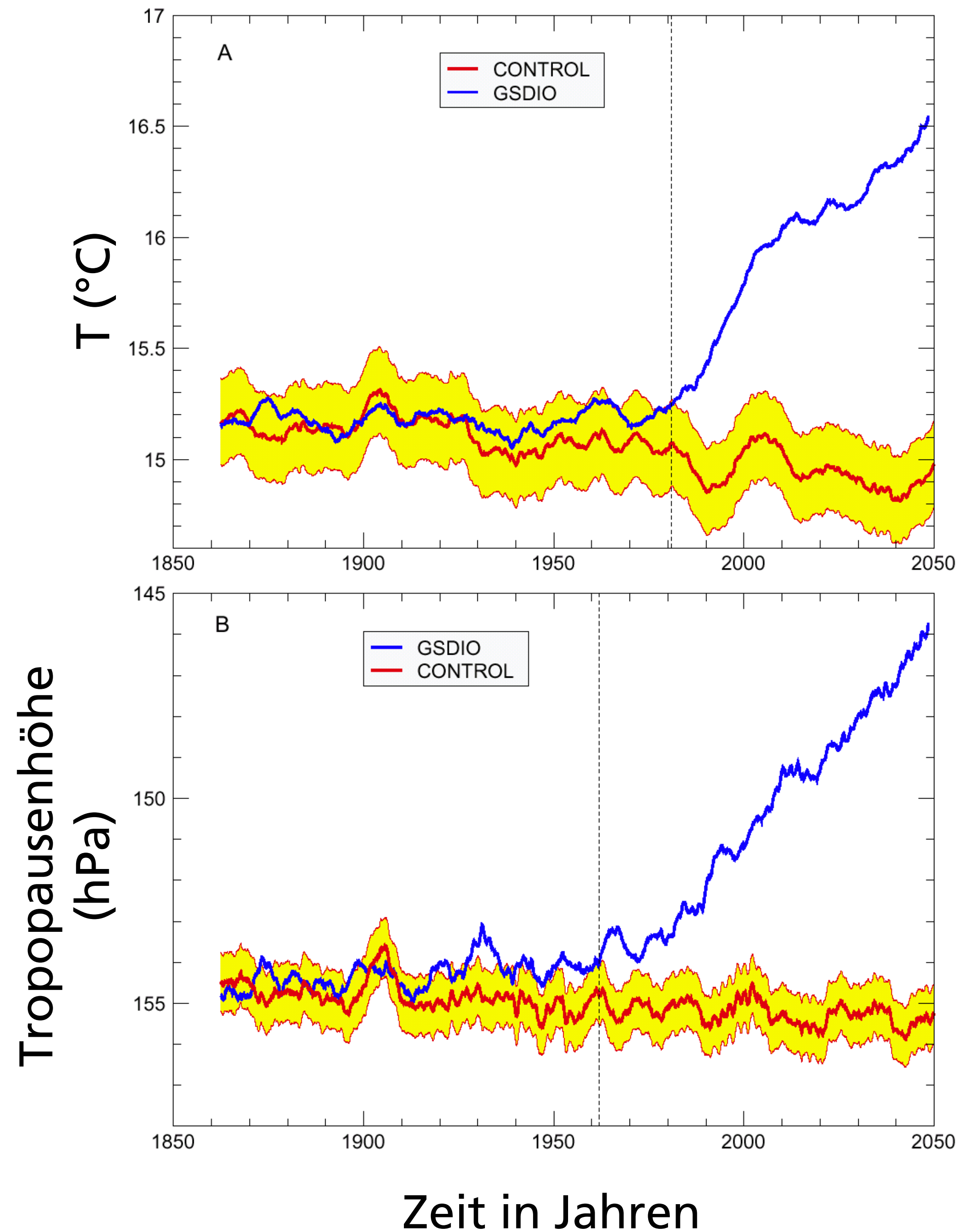
Ohne anthropogene Antriebe im Modell



Mit anthropogenen Antrieben

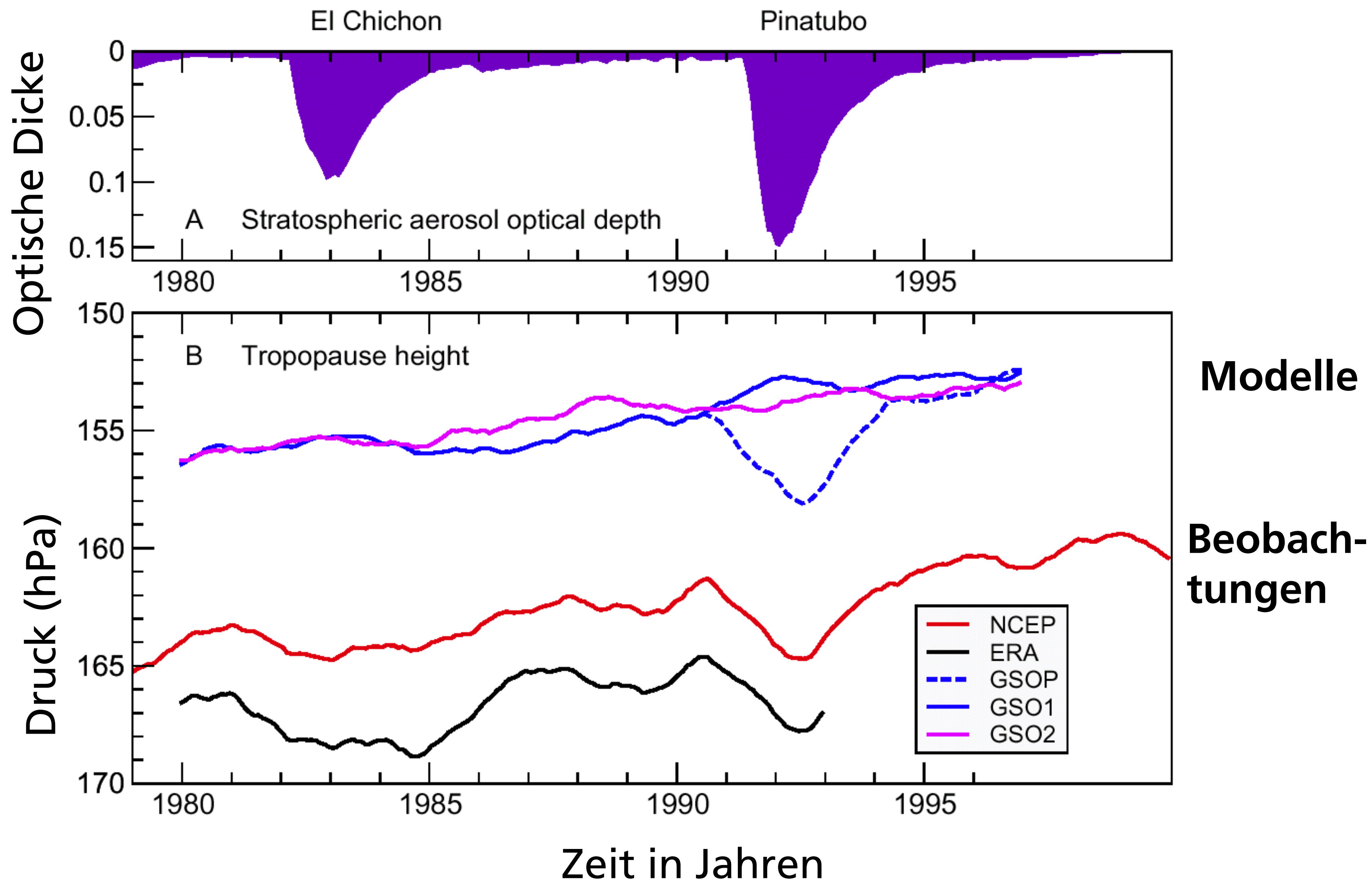
(IPCC, 2001)

Wie die Temperatur an der Erdoberfläche sollte auch die Tropopausenhöhe zunehmen



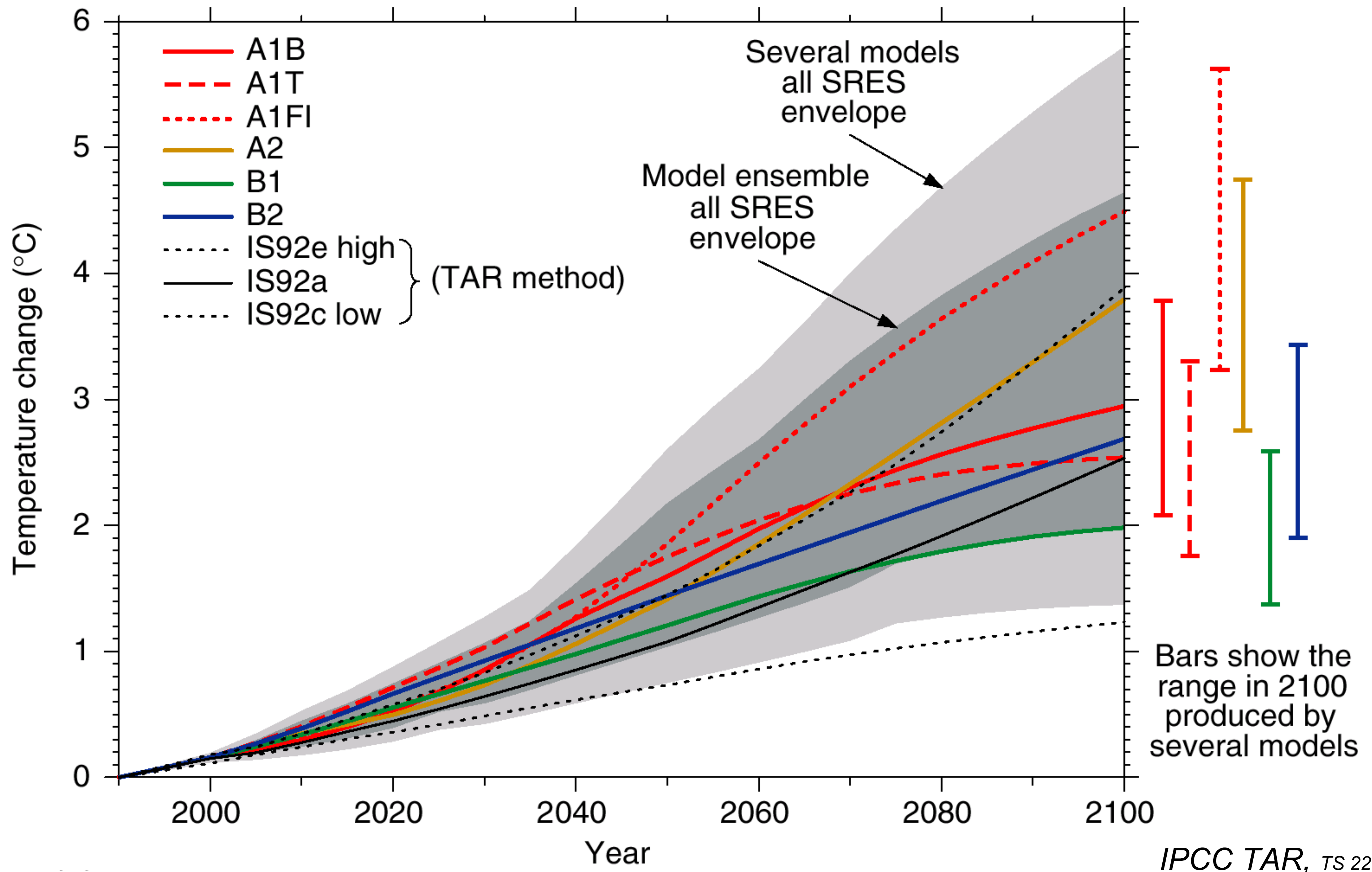
Santer, Sausen et al., in press, 2002

Vulkanaerosole und Tropopausenhöhe: Trend erkennbar (Neu!)



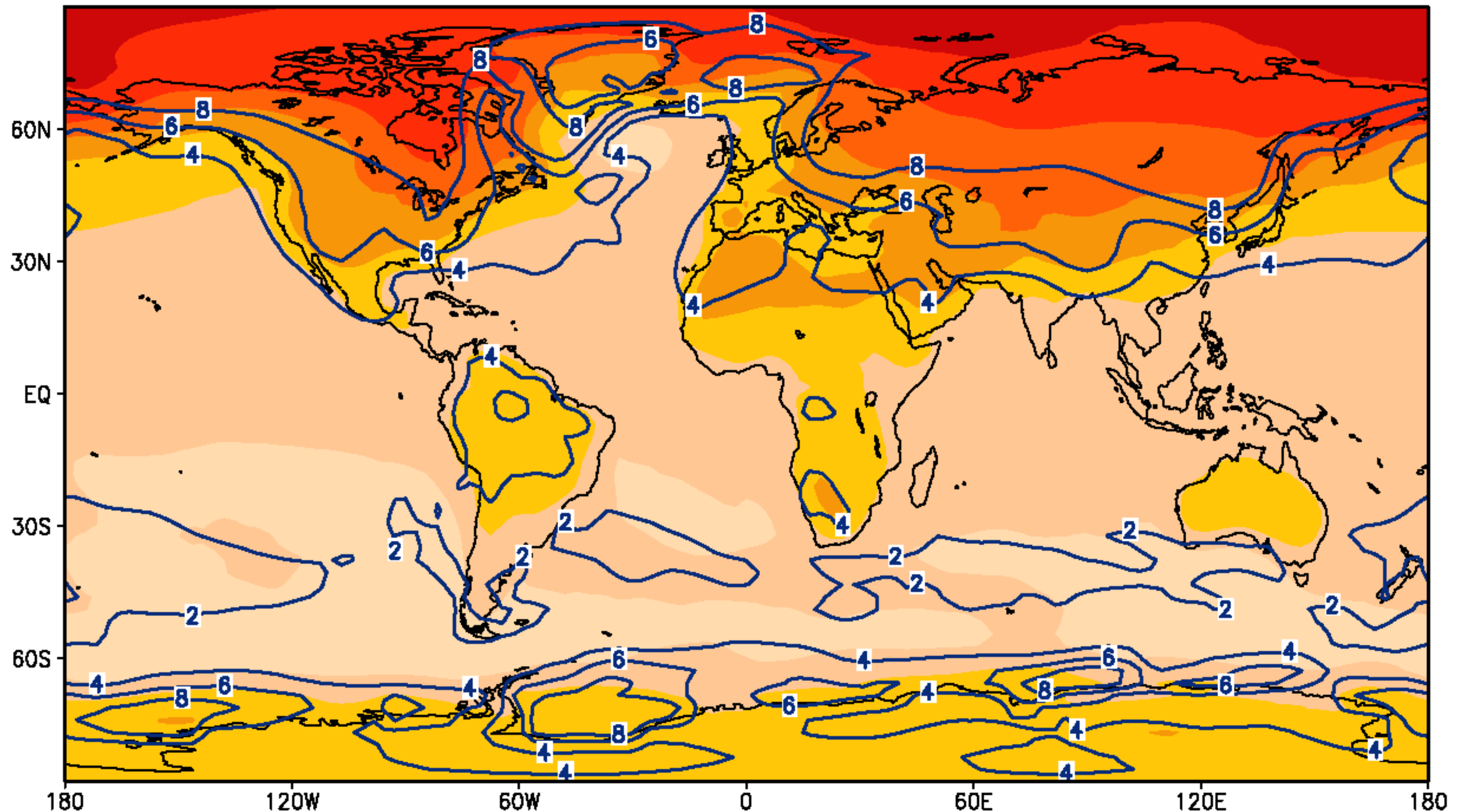
Santer, Sausen et al., J. Clim., in press, 2002

Mögliche Temperaturänderung in Szenarien 1990-2100



IPCC TAR, TS 22

Temperaturänderung [°C], 2100 im Vergleich zu 2000



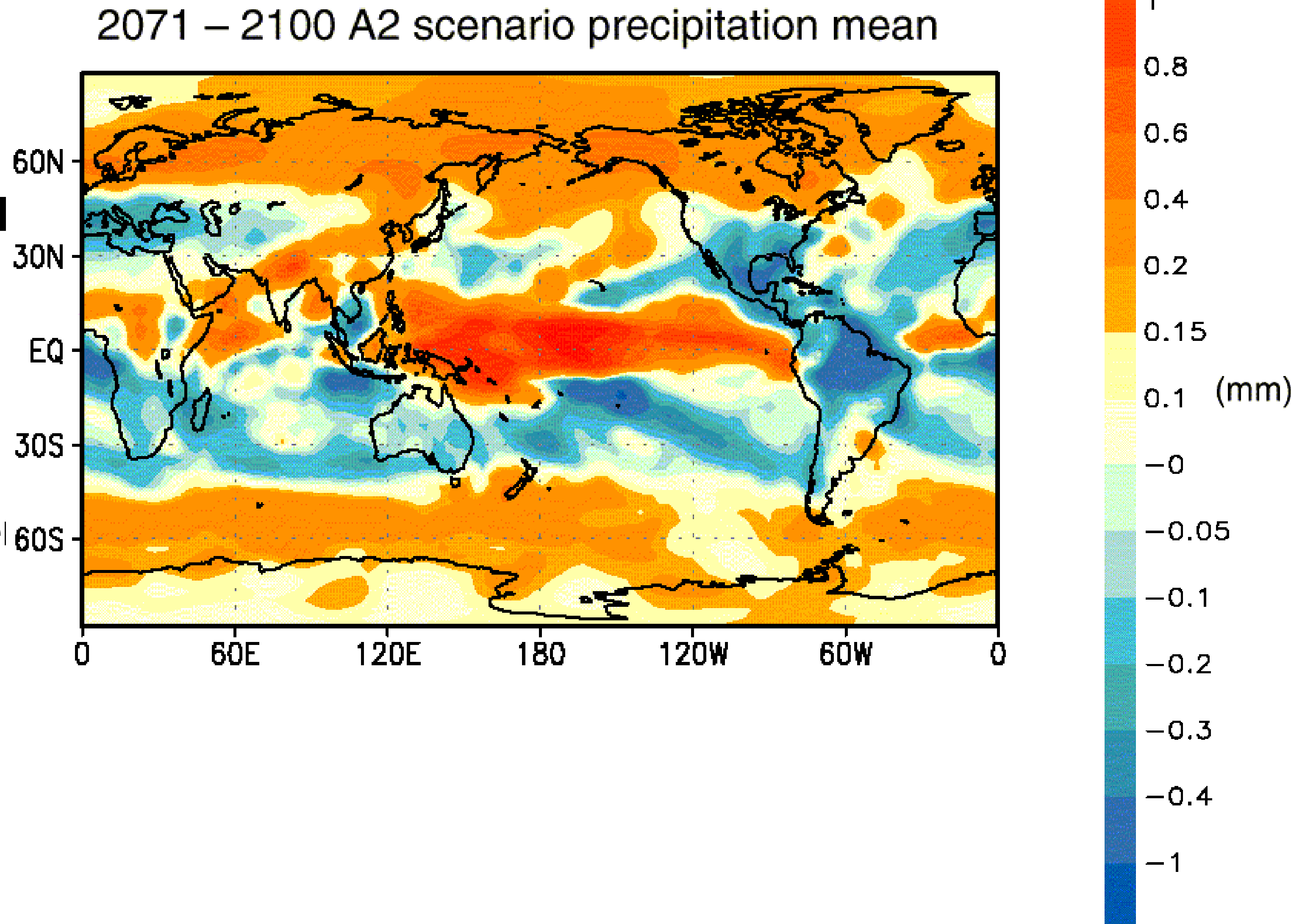


IPCC TAR, TS 20

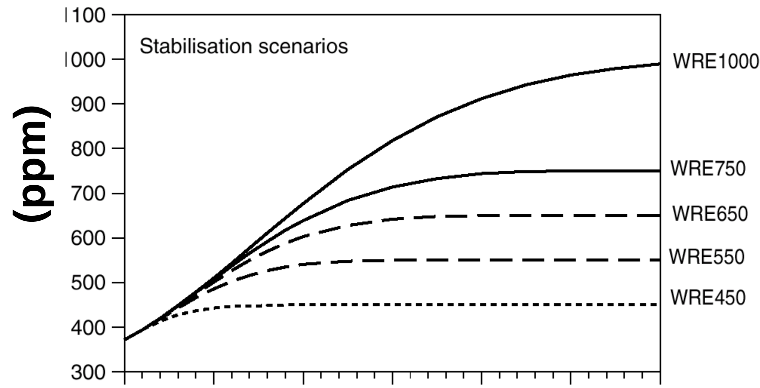
Niederschlags-Änderung von 2000 bis 2100

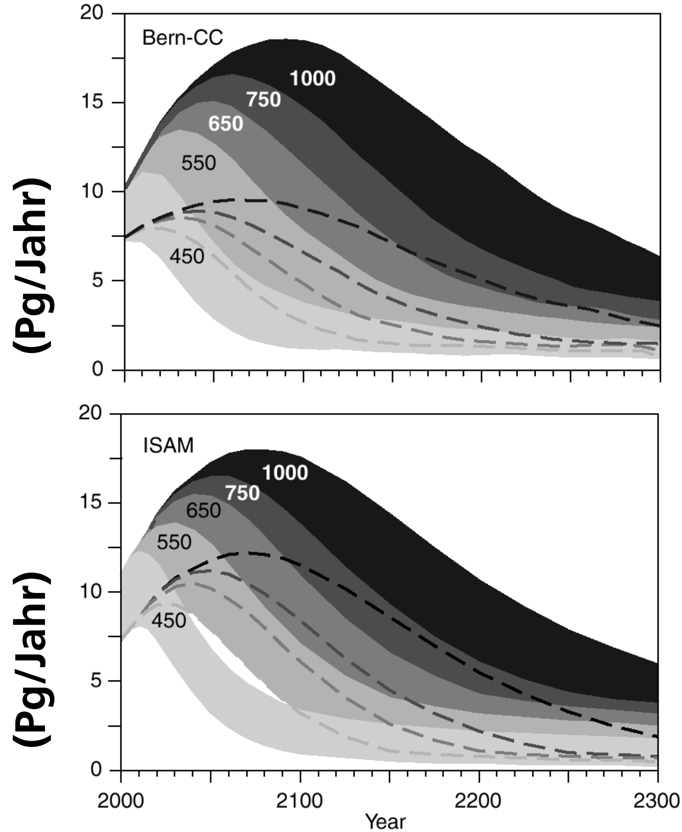
Europa:
mehr in Nordeuropa, weniger im Mittelmeerbereic
(IPCC 2001)

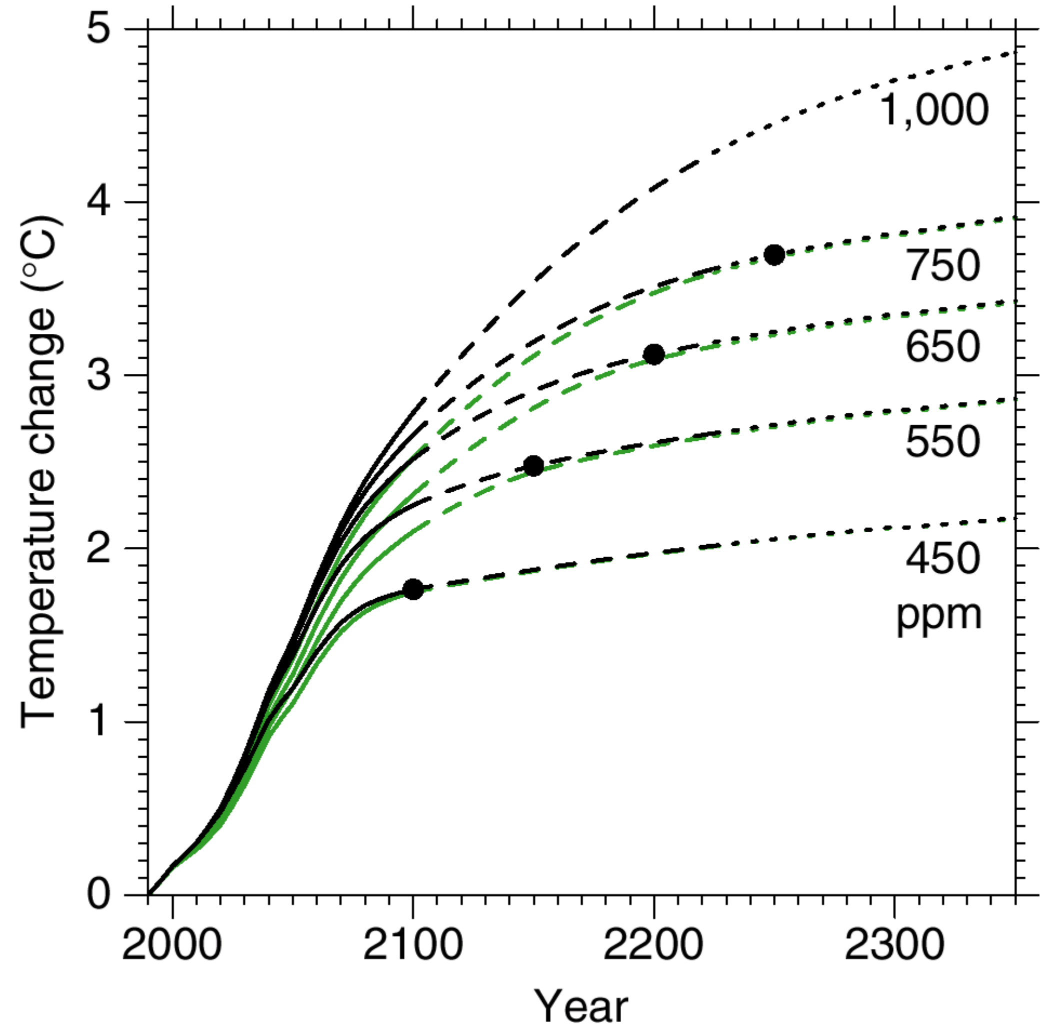
Bayern:
möglicherweise generell trockene aber gelegentlich sehr starke Niederschläge
(Heimann & Sept, DLR, 1999)



“Stabilisierungs-Szenarien”







IPCC TAR, TS 26

Klimawandel und Treibhauseffekt - Schlussfolgerungen

Die beobachteten Hinweise auf einen Klimawandel nehmen zu

Der beobachtete Klimawandel lässt sich mit Veränderungen der Solarstrahlung allein nicht erklären

Die vom Menschen emittierten Treibhausgase tragen wesentlich zum Klimawandel bei

Die Klimaänderungen der nächsten 100 Jahre übersteigen die der letzten 1000 Jahre bei weitem

Eine starke (z.B. 80%) und rasche (in 10-50 Jahren) Reduktion der Emission von Treibhausgasen wäre notwendig, um eine erheblich Klimaänderung zu verhindern.

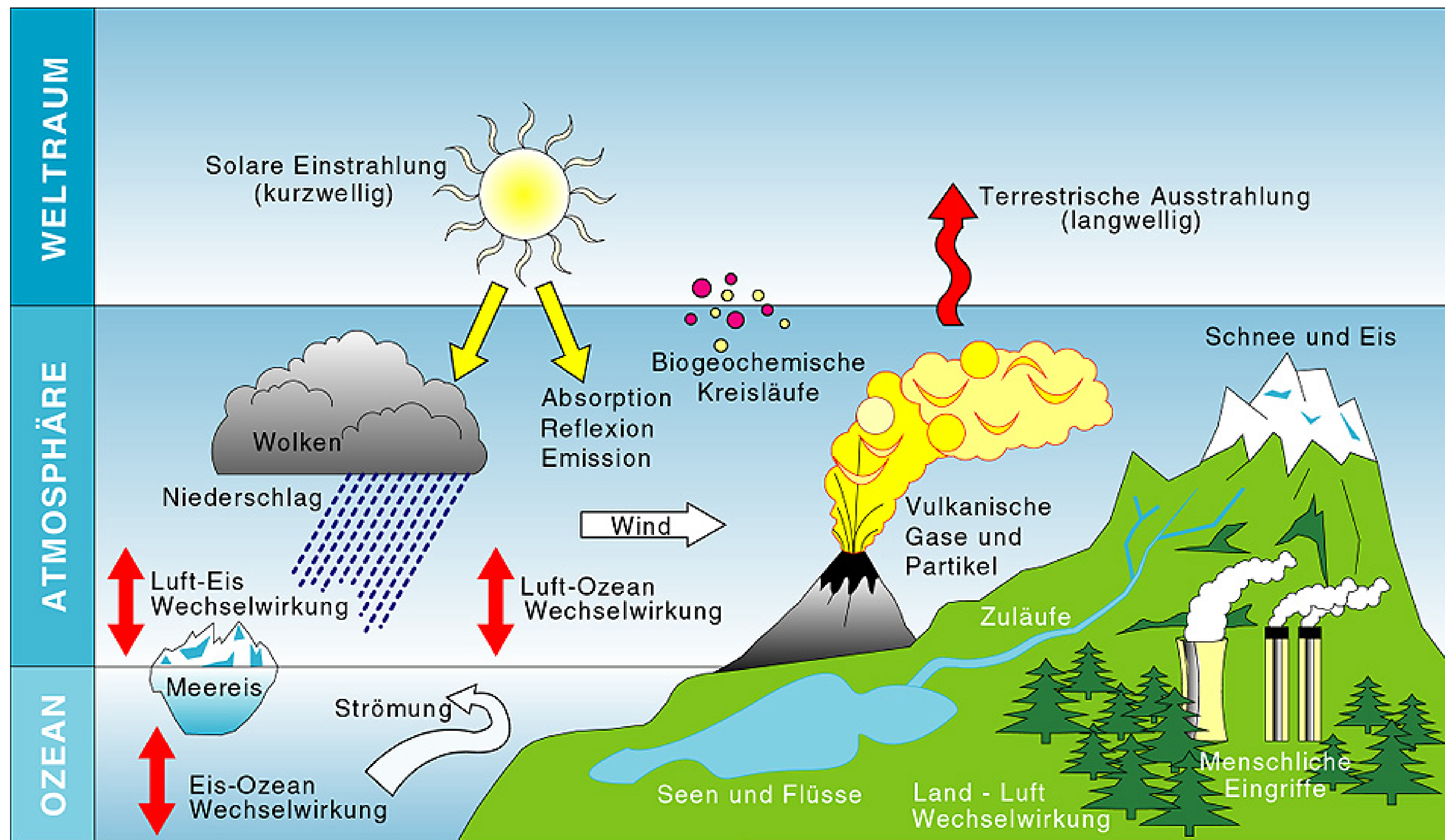
Andernfalls ist ein starker Klimawandel unvermeidbar.

Maßnahmen zum Schutz vor starken Klima- und Wetter-Änderungen sind notwendig.

Klimawandel und Treibhauseffekt

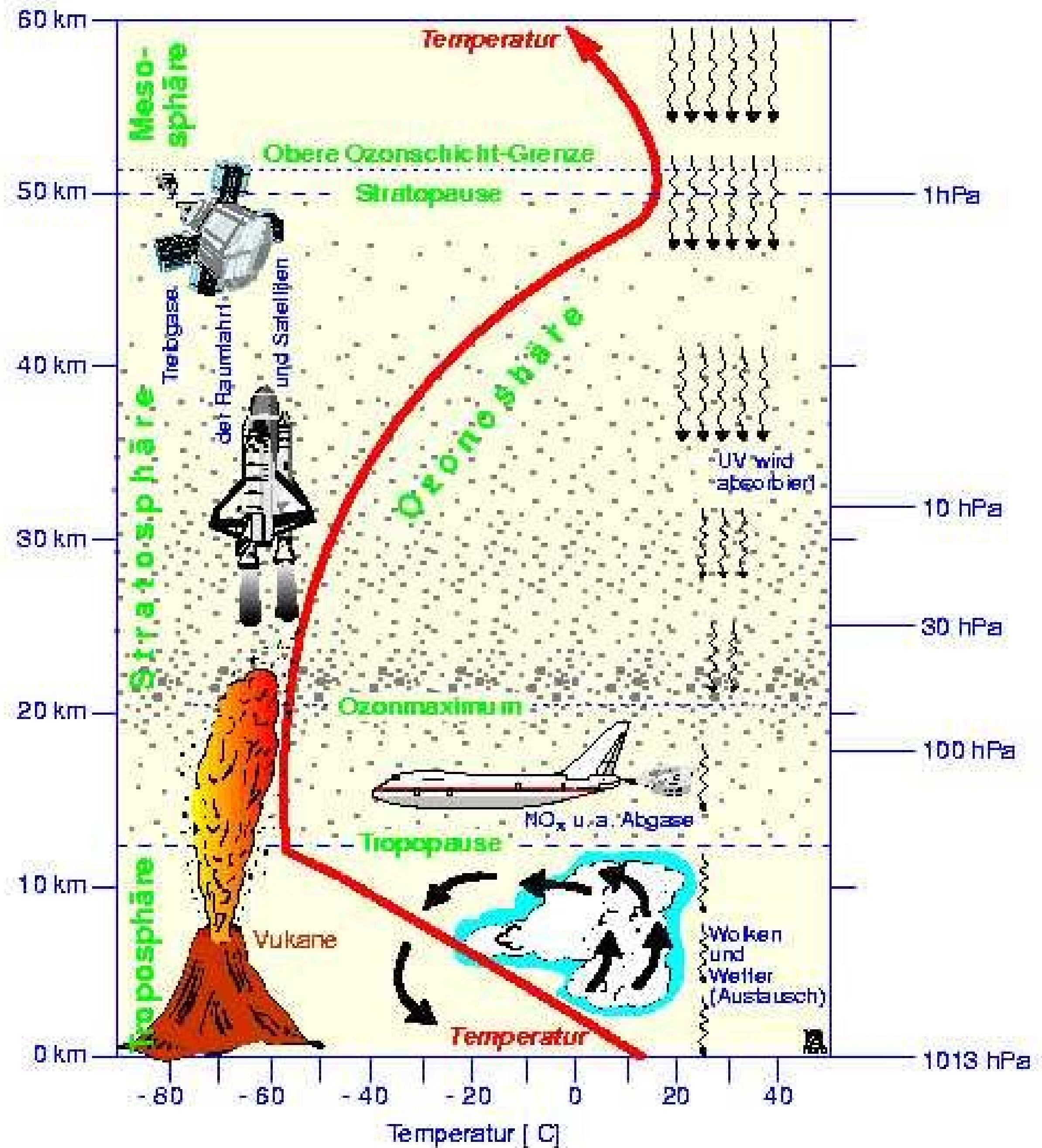
Ende

Das Klimasystem



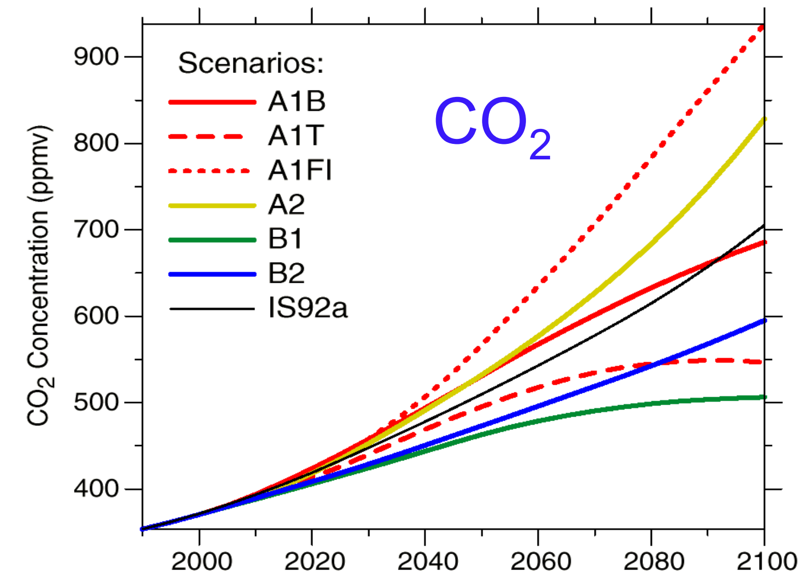
Enquete Comm., 1990

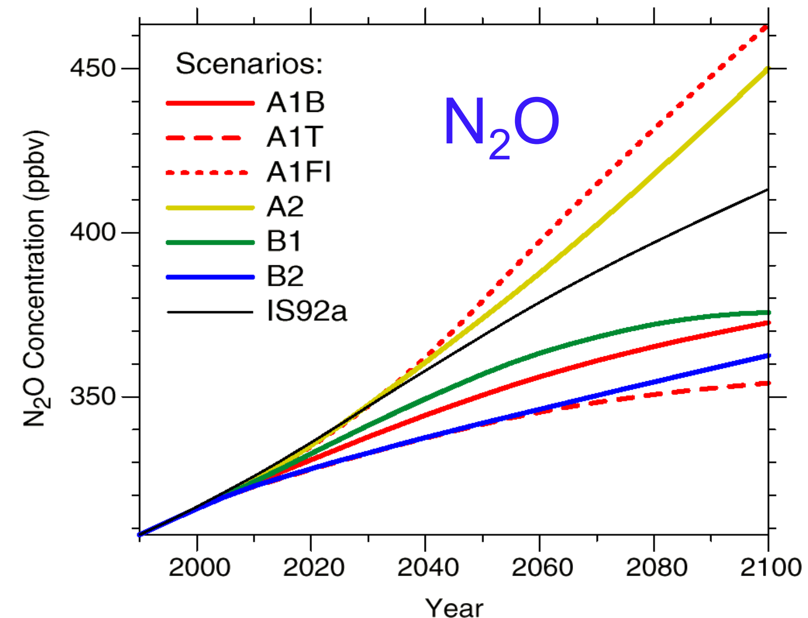
Schichten in der Atmosphäre

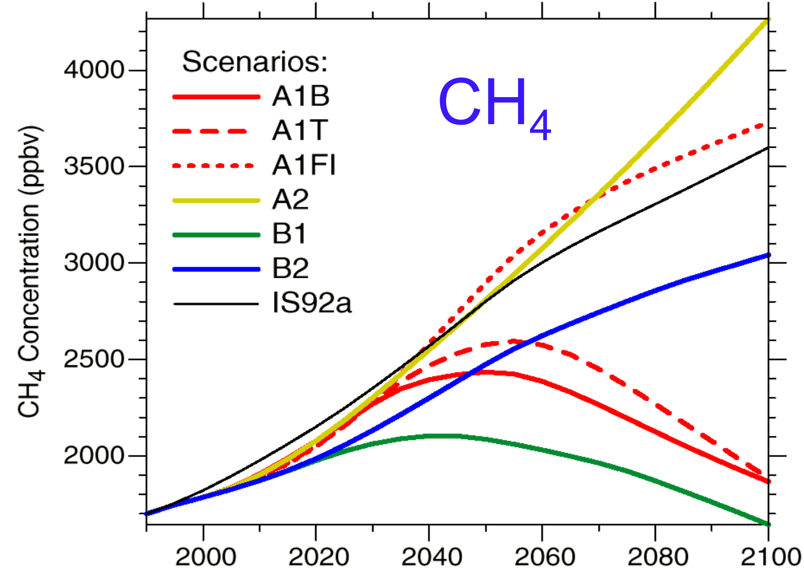


Enquete Comm., 1990

Zukunft: Konzentrationen von Treibhausgasen in verschiedenen Szenarien

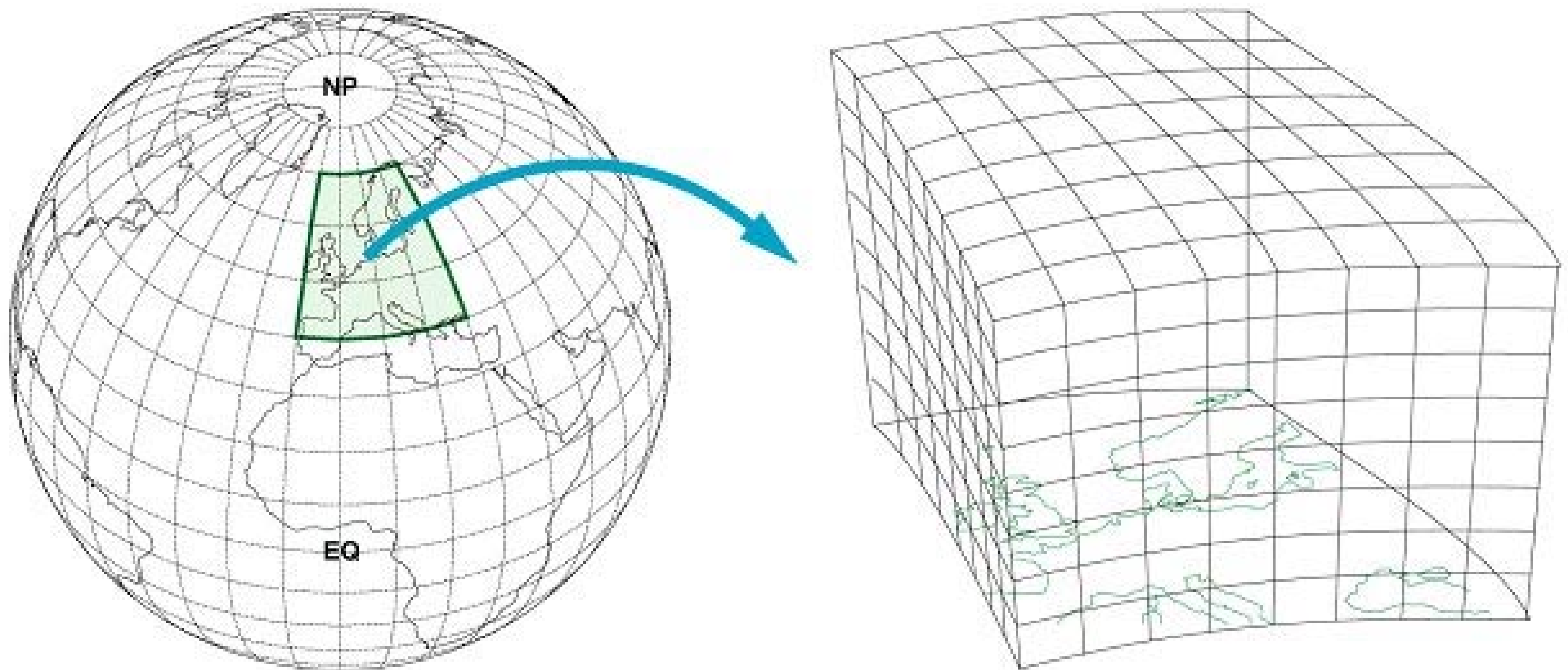






IPCC TAR, TS.18

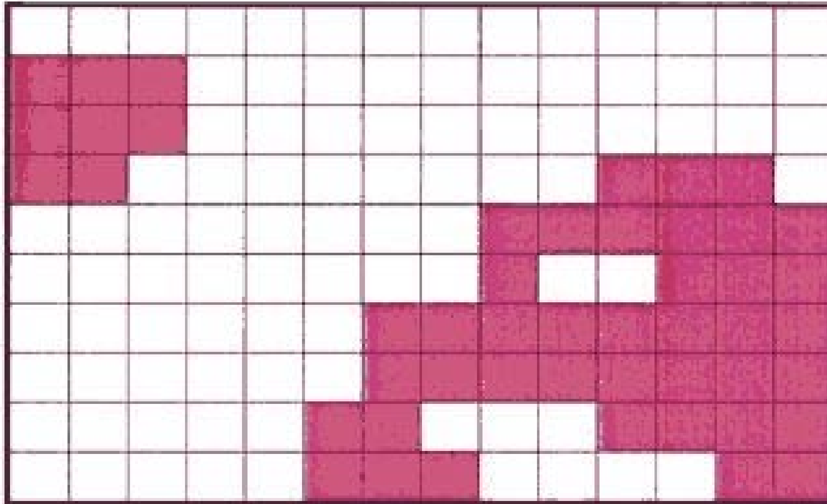
Die Atmosphäre über Europa im diskreten Modell



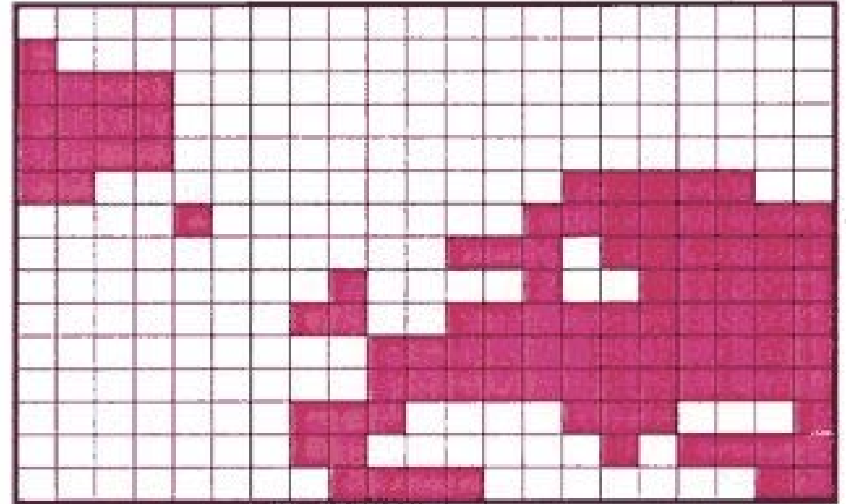
U. Cubasch

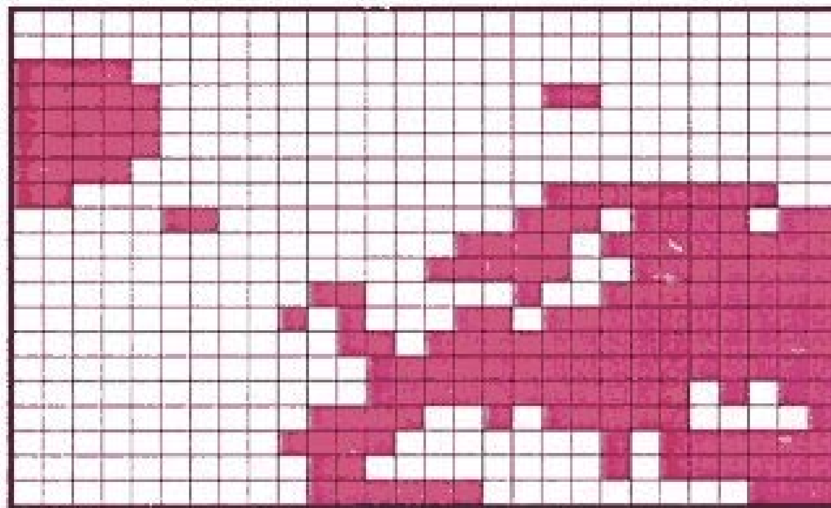
Europa im diskretisierten Modell

a) T21

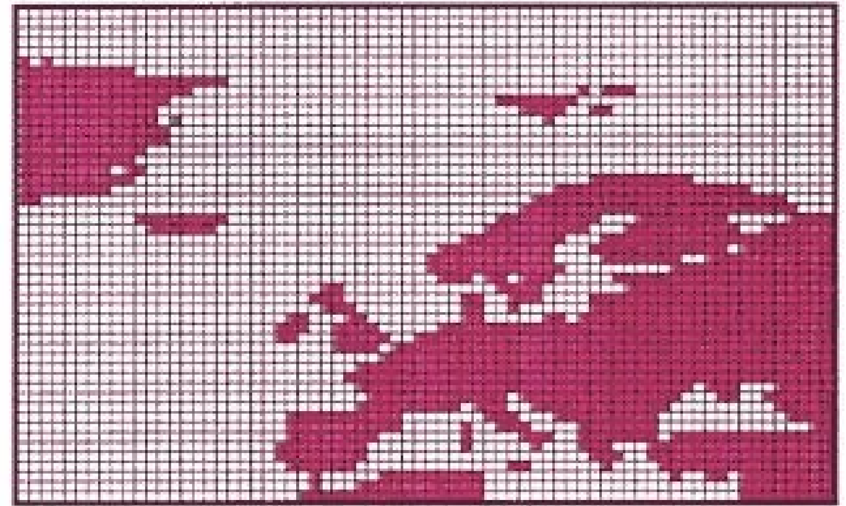


b) T30





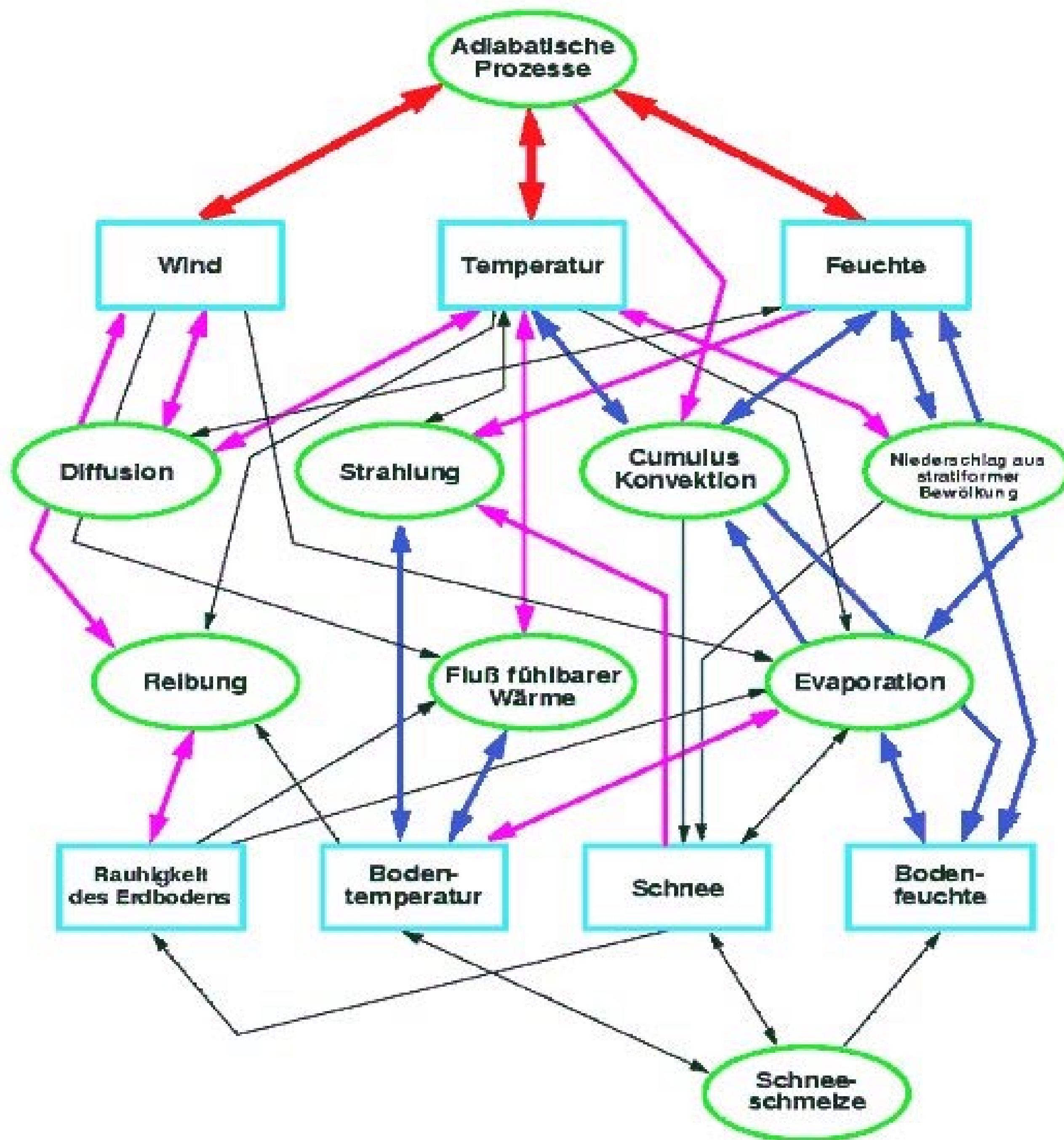
c) T42



d) T106

U. Cubasch

Die physikalischen Komponenten im Klimamodell



U. Cubasch